

VERKEHRSINFRASTRUKTUR UND RÄUMLICHE ENTWICKLUNG IN DER SCHWEIZ 1950-2000

Dissertation

zur

Erlangung der naturwissenschaftlichen Doktorwürde

(Dr. sc. nat.)

vorgelegt der

Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Universität Zürich

von

MARTIN TSCHOPP

von Basel BS

Promotionskomitee

Prof. Dr. Hans Elsasser (Vorsitz)

Prof. Dr. Kay W. Axhausen

Peter Keller, dipl. arch. ETH, Raumplaner NDS

Zürich, 2007

Vorsitz:

Prof. Dr. Hans Elsasser
Geographisches Institut
Universität Zürich
CH-8057 Zürich

Begleitung:

Prof. Dr. K. W. Axhausen (Leitung der Dissertation)
Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme - IVT
Eidgenössische Technische Hochschule – ETHZ
CH-8093 Zürich

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage und Motivation	3
1.2	Fragestellung	7
1.3	Abgrenzung	8
1.4	Aufbau der Arbeit.....	8
2	Verkehr und räumliche Strukturen - Forschungsstand der Theorie	11
2.1	Standorttheoretische Ansätze	11
2.2	Regionalwirtschaftliche Wachstumstheorien	14
2.3	Das Wirkungsgefüge Verkehr und Raum	18
2.4	Zusammenfassung	21
3	Die schweizerische Verkehrsinfrastruktur und ihr Planungshintergrund.....	22
3.1	Verkehrsinfrastruktur im Lichte der Regionalpolitik und Raumplanung	23
3.1.1	Die Ziele der Raumplanung	23
3.1.2	Die Regionalpolitik und ihre Ziele	24
3.2	Konzepte zur Planung von Raumstruktur und Verkehr	26
3.3	Die schweizerische Strassenverkehrspolitik der letzten fünfzig Jahre	29
3.3.1	Die Entstehung des Nationalstrassennetzes	30
3.4	Die Schieneninfrastrukturpolitik	33
3.4.1	Charakteristika des Schweizerischen Eisenbahnnetzes	33
3.5	Infrastrukturausbau und Reisezeitveränderungen am Beispiel des Unterengadins	35
3.6	Zusammenfassung	38
4	Die Erreichbarkeit und ihre Messung.....	40
4.1	Definitionen der Erreichbarkeit	40
4.2	Das Gravitationsmodell	41
4.3	Vom Gravitationsmodell zum Potential.....	42

4.4	Annahmen zur Potentialberechnung	44
4.4.1	Annahmen zu den Kosten der Raumüberwindung c_{ij}	44
4.4.2	Annahmen zu den Aktivitätspunkten A_j	45
4.4.3	Annahmen zum Distanz-Gewichtungsfaktor β	46
4.5	Die Weiterentwicklung des Potentialmodells	46
4.5.1	Entropiemaximierungsmodelle	47
4.5.2	Nutzenbasierte Erreichbarkeitsmessung	48
4.6	Grenzen und kritische Bewertung des Potentialmodells	49
5	Infrastruktur und räumliche Entwicklung – Forschungs-stand der Empirie	51
5.1	Die empirischen Forschungsansätze im Überblick	51
5.2	Modellierung mit disaggregierten Daten	53
5.2.1	Entscheidungsmodellierung	53
5.2.2	Quasiexperimentelle Methoden und Expertengespräche	54
5.3	Methoden mit aggregierten Daten	55
5.3.1	Räumliche Gleichgewichtsmodelle	55
5.3.2	Produktionsfunktionsmodelle	55
5.3.3	Flächennutzungsmodelle	58
5.3.4	Location Modelle	60
5.4	Diskussion und Hypothesenbildung	62
6	Daten	64
6.1	Daten zur Raumstruktur	64
6.1.1	Anforderung an die Daten	64
6.1.2	Variablen	66
6.1.3	Datengrundlage und Aufbereitung	67
6.1.4	Raumstruktur und Gemeindemutationen	68
6.2	Strassenmodell	69
6.2.1	Zonenabgrenzung und Geschwindigkeiten	70
6.3	Schienenmodell	71

7	Raumstrukturelle Entwicklung in der Schweiz	73
7.1	Raumprägende Entwicklungen und Besonderheiten in der Schweiz	74
7.2	Räumliche Entwicklung ausgewählter Variablen	75
7.2.1	Bevölkerungsentwicklung	75
7.2.2	Die Entwicklung der einzelnen Gemeinden	76
7.3	Die Städtehierarchie der Schweiz	78
7.4	Räumliche Bevölkerungsverteilung und –konzentration	81
7.4.1	Lorenzkurven und Gini Indizes	81
7.5	Die Agglomerationen und ihre Ausbreitung	84
7.5.1	Das Bevölkerungswachstum in der Agglomeration Zürich	85
7.6	Entwicklung und Verteilung der Arbeitsplätze in der Schweiz	88
7.7	Das Mittelwertprofil der Entwicklungsdynamik nach Ge-meindetypen	90
7.8	Zusammenfassung	92
8	Die Erreichbarkeit und ihre Entwicklung	94
8.1	Die Potentiale und deren Entwicklung	94
8.2	Die räumliche Verteilung der Personenerreichbarkeit	96
8.3	Verteilung der Personenerreichbarkeit über die Zeit	99
8.4	Zusammenfassung	102
9	Einführung in die Modellierung der Zusammenhänge zwischen Erreichbarkeit und Raumstruktur	104
9.1	Modellaufbau	105
9.2	Methodenüberblick und Vorgehen	106
10	Ergebnisse auf nationaler Ebene	108
10.1	Methodischer Aufbau des globalen Modells	108
10.1.1	Variablen	109
10.2	Empirische Ergebnisse	110
10.2.1	Wirkungszusammenhänge jeweils innerhalb einer Dekade	110
10.2.2	Beitrag der einzelnen Dekaden an die Gesamtentwicklung	118
10.3	Interpretation	120

11	Ergebnisse auf disaggregierter Ebene.....	122
11.1	Einführung in die Modellierung hierarchischer Modelle.....	122
11.2	Modifizierung der Daten	125
11.3	Modellschätzungen.....	125
11.4	Die Komponente Wachstum im hierarchischen Modell	131
11.4.1	Lineare Zeitreihenanalysen im hierarchischen Modell	131
11.4.2	Erreichbarkeit verschiedener Jahrzehnte als erklärende Variablen.	141
11.4.3	Dreiebenenmodelle	145
11.5	Interpretation	152
12	Resultate mit Einbezug von Nachbarschaftseffekten	154
12.1	Theoretischer Hintergrund.....	154
12.2	Der Einfluss der Nachbarschaftseffekte	155
12.3	Interpretation	159
13	Konklusion	160
13.1	Analytische Schlussfolgerungen.....	160
13.1.1	Entwicklungen in der Raumstruktur.....	161
13.1.2	Ausbau der Verkehrsinfrastruktur und Erreichbarkeitsveränder- ungen.....	162
13.1.3	Effekte der Erreichbarkeitveränderungen auf die Raumstruktur..	163
13.2	Methodische Schlussfolgerungen und Forschungsbedarf.....	165
13.3	Schlussbetrachtungen	167
14	Literatur.....	171

Abbildungen

Abbildung 1	Entwicklung des Motorfahrzeugbestandes in der Schweiz (1950 bis 2000)	2
Abbildung 2	Rentengradienten und Thünensche Ringe	14
Abbildung 3	Güterproduktion in einem Zweisektorenmodell	16
Abbildung 4	Modell für die Funktion und Einflüsse des Landnutzungs-/Transport-systems	20
Abbildung 5	Alternative Möglichkeiten fünf Orte mit einem Verkehrsnetzwerk zu erschliessen.....	22
Abbildung 6	Das schweizerische Nationalstrassennetz: Stand 2004, Netzbelastung 2000.....	31
Abbildung 7	Entwicklung des Schweizer Strassennetzes	32
Abbildung 8	Das schweizerische Eisenbahnnetz (SBB und Privatbahnen)	34
Abbildung 9	ÖV Isochronen ab Scuol 1950-2000.....	36
Abbildung 10	IV Isochronen ab Scuol 1950-2000	37
Abbildung 11	Gewichtungsfunktion $f(c_{ij})$	46
Abbildung 12	Bevölkerungsentwicklung in der Schweiz 1850 - 2000.....	76
Abbildung 13	Bevölkerungsentwicklung in den Gemeinden der Schweiz	78
Abbildung 14	Rang-Grössen-Diagramm der 30 grössten Gemeinden der Schweiz .	79
Abbildung 15	Die Steigung q der Rang-Grössenkurven der 30 grössten Gemeinden der Schweiz seit 1850	80
Abbildung 16	Bevölkerungsverteilung in der Schweiz (Lorenzkurven nach Gemein-	

	den)	82
Abbildung 17	Bevölkerungskonzentration in der Schweiz (Gini-Index)	83
Abbildung 18	Gini-Indizes der Kantone Solothurn, Zürich und Graubünden.....	84
Abbildung 19	Entwicklung der Metropolitanräume	85
Abbildung 20	Bevölkerungswachstum im Zürcher Umland relativ zum Schweizer Durchschnitt.....	86
Abbildung 21	Bevölkerungswachstum im Zürcher Umland relativ zum Schweizer Durchschnitt IV	87
Abbildung 22	Bevölkerungswachstum im Zürcher Umland relativ zum Schweizer Durchschnitt ÖV	88
Abbildung 23	Shiftanalyse Arbeitsplatzentwicklung 1950-2001 (Sektor 2 und 3).....	90
Abbildung 24	Mittelwertprofile der Entwicklungsdynamik nach Gemeindetypen.....	91
Abbildung 25	Summe der Erreichbarkeiten der schweizerischen Gemeinden.....	95
Abbildung 26	Summe der Erreichbarkeit für die ganze Schweiz.....	96
Abbildung 27	Vergleich der Personenerreichbarkeiten zwischen IV und ÖV, sowie zwischen 1950 und 2000 (Var: Bevölkerung; Reisezeit)	98
Abbildung 28	Erreichbarkeit der schweizerischen Gemeinden IV 1950 - 2000.....	99
Abbildung 29	Erreichbarkeit der schweizerischen Gemeinden ÖV 1950 - 2000	100
Abbildung 30	Rang-Grössenvergleich Personenerreichbarkeit ÖV und IV 1950 - 2000	102
Abbildung 31	Unterschied zwischen globaler und hierarchischer Regression	123
Abbildung 32	Auswirkungen der Erreichbarkeit auf die Bevölkerungsentwicklung im hierarchischen Modell: Regression und Residuen Kantone	127

Abbildung 33	Hierarchisches Modell: Regression und Residuen Kantone.....	128
Abbildung 34	Hierarchisches Modell: Regression und Residuen Gemeindetypen..	130
Abbildung 35	Die Auswirkung der Zeit auf die Erreichbarkeit ÖV (absolute Werte)	132
Abbildung 36	Die Auswirkung der Zeit auf die Erreichbarkeit ÖV (absolute Werte)	133
Abbildung 37	Die Auswirkung der Zeit auf die Erreichbarkeit ÖV (relative Werte)..	134
Abbildung 38	Die Auswirkung der Zeit auf die Erreichbarkeit ÖV (relative Werte): <i>Pairwise residual Plot</i> zwischen Steigung und Konstante	136
Abbildung 39	Die Auswirkung der Zeit auf den Quotienten Erreichbarkeit/Be- völkerung (relative Werte, linear).....	138
Abbildung 40	Die Auswirkung der Zeit auf die Erreichbarkeits-/Bevölkerungsquo- tienten (relative Werte): Plot der Residuen zwischen Steigung und Kon- stante.....	139
Abbildung 41	Die Auswirkung der Zeit auf die Erreichbarkeits-/Bevölkerungsquo- tienten (relative Werte, nichtlinear).....	141
Abbildung 42	Auswirkungen der Erreichbarkeit verschiedener Jahrzehnte auf die Be- völkerungsentwicklung (divergierende Steigungen und Konstanten)	143
Abbildung 43	Auswirkungen der Erreichbarkeit verschiedener Jahrzehnte auf die Bevölkerungsentwicklung (divergierende Steigungen, fixe Konstanten).	145
Abbildung 44	Auswirkungen der Erreichbarkeit total auf die Bevölkerungsentwicklung im Dreiebenenmodell – Abweichungen auf der Ebene 3 (divergierende Steigungen und Konstanten)	148
Abbildung 45	Residuen Kanton Zürich (Ebene 2)	149
Abbildung 46	Residuen Kanton Graubünden (Ebene 2)	150
Abbildung 47	Residuen Urbane Gemeinden (Ebene 2)	151

Abbildung 48	Residuen Rurale Gemeinden (Level 2)	152
Abbildung 49	SEM Modellschätzungen: R^2 in Abhängigkeit der Nachbarn.....	156
Abbildung 50	SEM Modellschätzungen: Log Likelihood in Abhängigkeit der Nachbarn	157

Tabellen

Tabelle 1	Durchschnittliche Ertragsrate der von der Weltbank unterstützten Projekte	4
Tabelle 2	Hypothetische Effekte von Transportinfrastruktur auf die Produktion.....	18
Tabelle 3	Methode zur Analyse von Infrastruktureinflüssen.....	52
Tabelle 4	Produktionsfunktionsmodelle: Studienresultate im Überblick.....	58
Tabelle 5	Verwendete Indikatoren ausgewählter Studien	65
Tabelle 6	Die zugrunde liegenden Variablen: Übersicht	67
Tabelle 7	Volkszählungsjahre und Anzahl politisch-administrativer Einheiten	69
Tabelle 8	Durchschnittsgeschwindigkeiten nach Strassentypen und Jahr [km/h]	71
Tabelle 9	Anzahl Unterlinien, Anzahl der Zugsfahrten und bediente Haltestellen	72
Tabelle 10	Bevölkerungsentwicklung der Gemeinden in den letzten 50 Jahren	77
Tabelle 11	Übersicht Variablen im globalen Modell*	109
Tabelle 12	Erklärung der Entwicklung der Bevölkerung (t = 1960-1970)	110
Tabelle 13	Erklärung der Entwicklung der Bevölkerung (t = 1990-2000)	112
Tabelle 14	Einfluss der Erreichbarkeit auf die Bevölkerungsentwicklung der verschiedenen Modelle und Modellgüte	113
Tabelle 15	Erklärung der Entwicklung der Arbeitsplätze Sektor 3 (t = 1960-1970)....	114
Tabelle 16	Erklärung der Entwicklung der Arbeitsplätze Sektor 3 (t = 1990-2000)....	115
Tabelle 17	Erklärung der Entwicklung der Arbeitsplätze Sektor 2 (t = 1960-1970)....	116
Tabelle 18	Erklärung der Entwicklung der Arbeitsplätze Sektor 2 (t = 1990-2000)....	117

Tabelle 19 Einfluss der Erreichbarkeit auf die Arbeitsplatzentwicklung der verschiedenen Modelle und Modellgüte	118
Tabelle 20 ÖV: Erklärung der Bevölkerungsentwicklung über die verschiedenen Jahr- zehnte	119
Tabelle 21 IV: Erklärung der Bevölkerungsentwicklung über die verschiedenen Jahr- zehnte	120
Tabelle 22 Die Auswirkung der Zeit auf die Erreichbarkeit ÖV (relative Werte).....	135
Tabelle 23 Die Auswirkung der Zeit auf den Quotienten Erreichbarkeits-/Bevölkerung (relative Werte, linear)	137
Tabelle 24 Die Auswirkung der Zeit auf die Erreichbarkeits-/Bevölkerungsquotienten (relative Werte, nichtlinear).....	140
Tabelle 25 Auswirkungen der Erreichbarkeit ÖV verschiedener Jahrzehnte auf die Bevölkerungsentwicklung (divergierende Steigungen und Konstanten)...	142
Tabelle 26 Auswirkungen der Erreichbarkeit IV verschiedener Jahrzehnte auf die Bevölkerungsentwicklung (divergierende Steigungen und Konstanten)...	144
Tabelle 27 Auswirkungen der Erreichbarkeit total von ÖV und IV auf die Bevölkerungs- entwicklung im Dreiebenenmodell (divergierende Steigungen und Konstan- ten)	147
Tabelle 28 SEM Modellschätzungen über verschiedene Zeitperioden	158
Tabelle 29 Wirkungszusammenhänge im Gesamtschweizerischen Kontext	164

Zusammenfassung

Transportsysteme wurden primär gebaut um die Wirkungsradien der Menschen wie auch der Industrie zu erweitern, den kulturellen Austausch zu ermöglichen, Handel zu treiben und so den Wohlstand zu erhöhen. Unter diesem Aspekt unterliegt der Wirkungszusammenhang zwischen Verkehrsinfrastruktur und den räumlichen Strukturen seit jeher einem breiten Interesse seitens der Raumplanung, der Regional- und Verkehrspolitik, aber auch der anderen, sich mit diesen Thematiken befassenden wissenschaftlichen Disziplinen.

Eine Möglichkeit, die aus dem Ausbau der Verkehrsinfrastruktur sich ergebenden Veränderungen der räumlichen Strukturen und Beziehungssysteme zu messen, ist die Quantifizierung der sich verändernden Erreichbarkeiten. Die Erreichbarkeit misst die räumliche Auswirkung neu erstellter Verkehrsinfrastruktur und zeigt die Attraktivität eines Ortes, einer bestimmten Region bezüglich ihres Marktpotentials. Methodisch wird dabei auf den Potentialansatz abgestützt, welcher als Operationalisierungskonzept für die Erreichbarkeit verstanden wird. Die Raumstruktur wurde in dieser Arbeit durch die Bevölkerung und die Arbeitsplätze, besonders wichtige Variablen in der Regionalpolitik, ausgedrückt.

Diese Arbeit hat zum Ziel, die Auswirkungen des Ausbaus der Verkehrsinfrastruktur auf die räumlichen Strukturen im Rahmen einer ex-post Analyse über mehrere Dekaden zu quantifizieren.

Folgende Fragestellungen standen im Forschungsschwerpunkt:

- Wie hat sich die Raumstruktur in den letzten 50 Jahren entwickelt?
- Welche Rolle spielte der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur für die raumstrukturelle Entwicklung?

Der Zeithorizont erstreckte sich über die zweite Hälfte des 20ten Jahrhunderts, der Untersuchungsperimeter umfasste die ganze Schweiz, sowie diejenigen Teile des angrenzenden Auslandes, welche im Einzugsgebiet schweizerischer Agglomerationen liegen.

Die Wirkungszusammenhänge zwischen Verkehrsinfrastruktur und raumstruktureller Entwicklung wurden mittels statistischer Methoden quantifiziert. Beginnend mit einer ersten OLS Regression, gerechnet über den ganzen Untersuchungsraum, wurden die Modelle schrittweise zu umfangreicheren zwei- und dreistufigen Hierarchischen Regressionsmodellen und weiter zu *Spatial Error* Modellen (SEM) weiterentwickelt. Die in dieser Arbeit verwendeten Daten zu Erreichbarkeit und Raumstruktur wurden wenn immer möglich auf Gemeindeebene di-

saggregiert. Dies ergab die Möglichkeit, die ganze Bandbreite an möglichen Paneldaten zu untersuchen. Im Besonderen sind dies Analysen zeitlicher und räumlicher Variationen der Wirkungszusammenhänge, welche aus gewöhnlichen OLS Modellen nicht ersichtlich sind.

Die wichtigsten Resultate lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

- Nach einer jahrzehntelangen räumlichen Konzentration, verteilen sich Bevölkerung und Arbeitsplätze ab 1960 im schweizerischen Mittelland wieder gleichmässiger über den Raum. Im alpinen Raum hingegen konzentrieren sich Arbeitsplätze und Bevölkerung nach wie vor stark auf die Agglomerationen der grossen Alpentäler.
- Die Erreichbarkeit hat seit 1950 für den ÖV, wie den IV, für Einwohner, wie für Arbeitsplätze beider untersuchter Sektoren stark zugenommen. Dabei hat sich die Erreichbarkeit, analog zur Bevölkerung, gegen die Gegenwart hin homogener über alle Gemeinden verteilt. Weiter wurde festgestellt, dass die Unterschiede zwischen Gemeinden mit hoher und Gemeinden mit tiefer Erreichbarkeit beim ÖV deutlich grösser als bei der IV Erreichbarkeit geblieben sind.
- Die Erreichbarkeit beeinflusst, neben anderen raumprägenden Variablen die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung positiv. Während die peripheren und alpinen Regionen nach wie vor stark auf Erreichbarkeitsverbesserungen reagieren, verkleinert sich die Stärke der Wirkungszusammenhänge namentlich in den Metropolitanräumen des Mittellandes über die Zeit. Der Grenznutzen zusätzlicher Investitionen in die Verkehrssysteme zur Erhöhung der Erreichbarkeit nimmt folglich gegen die Gegenwart hin kontinuierlich ab.

1 Einleitung

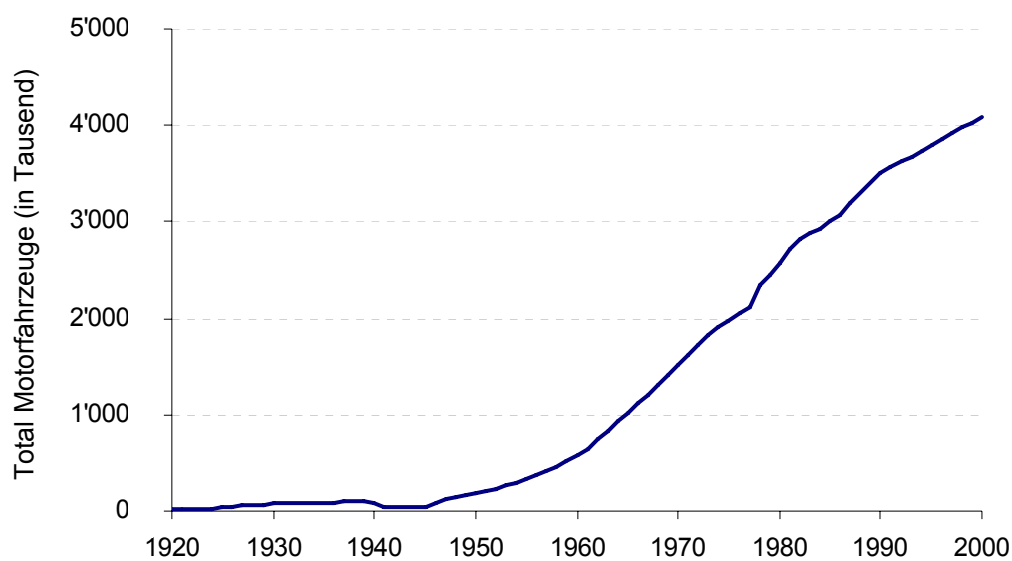
Grundsätzlich scheinen uns Zahlen über die Bevölkerung und wirtschaftliche Strukturen und deren Veränderungen über die Zeit bekannt zu sein. Über die Ursachen dieser Entwicklungen und deren räumliche Konsequenzen wissen wir allerdings wenig. Zwar kennen wir die Problematik der Abwanderung aus peripheren alpinen Regionen und auch die Zersiedelung des Mittellandes ist uns bekannt. Es handelt sich dabei aber häufig um nicht quantifizierbare, subjektive Eindrücke – der langsame, schleichende Prozess erschwert die Wahrnehmung zusätzlich. Erst wenn wir historische Bilder von heute überbautem Kulturland sehen, wird uns bewusst wie stark sich unsere Lebensgewohnheiten, unser Wohnraum, die Umwelt, in der wir leben in den letzten Jahrzehnten verändert haben.

Transportsysteme wurden primär gebaut um die Wirkungsradien der Menschen wie auch der Industrie zu erweitern, den kulturellen Austausch zu ermöglichen, Handel zu treiben und so den Wohlstand zu erhöhen. Schon Ricardo konnte 1817 nachweisen, dass internationale (interregionale) Arbeitsteilung, damit freie Märkte und somit der Handel von Gütern, für welche gut ausgebaute Verkehrswege unabdingbar sind, auch nur bei relativen (komparativen) Kostenvorteilen lohnend sind (siehe dazu etwa Friedman, 2006). Die gute verkehrliche Erschliessung wird für die wirtschaftliche Prosperität also als unabdingbar angesehen. Der Aufbau dieser Infrastrukturen hat schlussendlich in hohem Masse zur Reduktion der Marktinformationskosten, zur Erweiterung der Märkte und zu Skaleneffekten beigetragen, was sodann massgeblich zum beispiellosen Wirtschaftswachstum der letzten Jahrhunderte in der westlichen Welt geführt hat (North und Thomas, 1973).

Der Wirtschaftsboom in der Schweiz der Nachkriegszeit hat zu einem nie da gewesenen Zuwachs an Wohlstand und Kaufkraft geführt. Kauf und Unterhalt eines Personenwagens ist in Westeuropa längst kein Luxus mehr. Im Vergleich mit der realen Lohnentwicklung hat sich die Kaufkraft für einen Personenwagen seit 1947 um über 1000 % erhöht (Frei, 2005). Die Nutzung des Individualverkehrs (in der Folge: IV) ist für weite Teile der Bevölkerung möglich. Der Anstieg der Anzahl zugelassener Fahrzeuge in der Schweiz ist in Abbildung 1 wiedergegeben. Die Folgen davon waren stark erweiterte Aktionsradien der Individuen, aber auch der Produzenten von Gütern, mit weit reichenden Folgen für Verkehrsaufkommen, Netzbelastung, Siedlungs- und Raumstruktur. Die mit der Mobilisierung weiter Schichten der Gesellschaft parallel verlaufende, lang andauernde Phase der Hochkonjunktur führte, um den Ansprüchen von Wirtschaft und Gesellschaft gerecht zu werden, zu einem starken Ausbau der Verkehrsinfrastruktur. In den letzten 40 Jahren hat die Streckenlänge der Verkehrsinfrastrukturen um mehr als ein Viertel zugenommen. Diese Netzerweiterung fiel dabei fast aus-

schliesslich auf den Ausbau des Strassennetzes (UVEK, 2006). Die interregionale Verkehrsinfrastruktur für den Individualverkehr entwickelte sich von einem langsamen Mehrzweckstrassennetz zu einem schnellen, stark hierarchischen Autobahn- und Strassenverkehrssystem, das für Personenwagen entstanden ist. Auch die Leistungen des Öffentlichen Verkehrs (ÖV) haben sich in demselben Zeitraum stark verändert, hier sind es aber weniger der Neubau von Infrastrukturen, welche zu höheren Erreichbarkeiten beitragen, als vielmehr besser abgestimmte Fahrpläne und erhöhte Taktfrequenzen.

Abbildung 1 Entwicklung des Motorfahrzeugbestandes in der Schweiz (1950 bis 2000)



Quelle: Statistisches Jahrbuch der Schweiz (div. Jahrgänge)

Folgende Fahrzeugklassen sind enthalten: Personenwagen, Kombiwagen, Lieferwagen, Lastwagen, Gesellschaftswagen, gewerbliche Traktoren sowie Spezialwagen (ohne Armeefahrzeuge und Landwirtschaftstraktoren)

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, im Rahmen einer ex-post Analyse die Veränderungen der Raumstruktur, ökonomischer und demographischer Art einerseits und die Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur und Transportdienstleistungen andererseits, sowie deren Wirkungszusammenhang im Zeitraum zwischen 1950 und 2000 nachzuzeichnen.

Die Arbeit baut auf quantitativen Analyseansätzen auf. Für die Raumstruktur soll ein Profil über die Entwicklung der „räumlichen Demographie“ und der wirtschaftlichen Aktivitäten erstellt werden. Von besonderem Interesse sind die unterschiedlichen Entwicklungen der Regionen und Gemeinden, sowie die Veränderung der Relation in der sie zueinander stehen über den Untersuchungszeitraum.

Eine Art, die durch den Bau aus der Verkehrsinfrastruktur hervorgehenden Veränderungen der Strukturen im räumlichen System zu messen, ist die Quantifizierung der sich verändernden Erreichbarkeiten. Erreichbarkeit ist ein wichtiger Faktor bei der Standortwahl von Individuen und Unternehmen und daher für die Herausbildung von Landnutzungsmustern von grosser Bedeutung (Wegener, 2004). So werden Individuen ihre Entscheidung für einen Wohnort oder für einen Standort für ein Unternehmen aufgrund der Zugangsmöglichkeiten zu Angeboten oder Kunden abhängig machen. Dafür müssen zwei Fragen beantwortet werden: Was kann erreicht werden und wie gross ist der dafür benötigte Aufwand? Erreichbarkeit ist also sowohl das primäre Produkt der Verkehrsinfrastruktur wie auch der Mechanismus, der Transportinfrastruktur und die Raumnutzung verknüpft. Sie misst die räumliche Auswirkung neu erstellter Verkehrsinfrastruktur und zeigt die Attraktivität einer bestimmten Region hinsichtlich ihrer Marktgrösse. Methodisch wird dabei auf den Potentialansatz zurückgegriffen welcher als Konzept für die Operationalisierung der Erreichbarkeit verstanden wird (siehe dazu Kapitel 4.1).

Das Hauptaugenmerk richtet sich in dieser Arbeit daher nicht nur auf den Beschrieb der Verkehrsinfrastrukturen und ihren Veränderungen im Raum, sondern vielmehr auf die Zusammenhänge zwischen Verkehr und Raum und deren Veränderungen über den Untersuchungszeitraum. Um ebendiese Zusammenhänge erfassen zu können, werden anfänglich herkömmliche statistische Analysemethoden verwendet, welche in der weiteren Folge um räumliche und zeitliche Komponenten erweitert werden.

1.1 Ausgangslage und Motivation

Investitionen in Transportinfrastruktur, der Ausbau der Strassen- und Schieneninfrastruktur und die ökonomische Wohlfahrt wurden schon immer eng miteinander in Verbindung gebracht. So schreiben etwa Kesselring et al., 1982, 3: „Der Strassennetzausbau zeigt demnach Nivellierungs- und Differenzierungseffekte: Er kann gewisse Räume fördern und andere hemmen, was zu Standort- und Wohnortverlagerungen führt. Damit hat der Strassennetzausbau auch Kapazitäts-, Standorts- und Siedlungsstruktureffekte.“

Die Diskussion über die möglichen positiven Auswirkungen von Transportinfrastruktur auf räumliche Entwicklungen, ökonomischer oder demographischer Art ist nicht neu und auch die Wissenschaft setzt sich seit langem mit diesen Fragestellungen auseinander. So wird Transportinfrastruktur und daraus folgend die Erreichbarkeit in den Regionalwissenschaften als ein zentrales Element für die räumliche Entwicklung angesehen (siehe Aschauer, 1989). Ökonomische Prosperität ist nicht nur das Resultat einer möglichst effizienten Kombination privater Produktionsfaktoren wie Arbeit und Kapital, sondern hängt auch massgebend von der vorhan-

denen Infrastruktur im Generellen und Transportinfrastruktur im Besonderen ab (Rietveld und Bruinsma, 1998). Eine Untersuchung der Weltbank, 1994 über den Nutzen der von ihr unterstützten Projekte in Entwicklungs- und Schwellenländern zeigt, dass die durchschnittliche Ertragsrate zwischen 15 und 17 % liegt (siehe Tabelle 1). Die Ertragsraten der Investitionen in Transportsysteme liegen dabei konstant über den Mittelwerten.

Tabelle 1 Durchschnittliche Ertragsrate der von der Weltbank unterstützten Projekte in %

Sektor	1974-1982	1983-1992
Bewässerungssysteme	17	13
Telekommunikation	20	19
Transportsysteme	18	21
Flughäfen	17	13
Autobahnen	20	29
Häfen	19	20
Eisenbahnen	16	12
Elektrizitätssysteme	12	11
Urbane Entwicklung (wie Wasser- und Abwassersysteme)	-	23
Alle Weltbank Projekte	17	15

Quelle: World Bank, 1994 (modifiziert)

Makroökonomische Studien der Weltbank zeigen, dass Investitionen in Transportsysteme wachstumsfördernd sind, indem der *social return* (der durch eine Investition erbrachte Mehrwert) erhöht wird, ohne dass ein Verdrängungseffekt zu anderen produktiven Investitionen entsteht. Verkehrssysteme seien daher zentral für die wirtschaftliche Prosperität. Ohne physischen Zugang zu Arbeitsplätzen, Gesundheits- und Ausbildungseinrichtungen, wie auch zu Ressourcen und Märkten sinke die Lebensqualität und die ökonomische Entwicklung stagniere (World Bank, 1996).

Resultate jüngerer Forschungsarbeiten weisen aber auch daraufhin, dass vor allem in entwickelten Ländern zusätzliche Investitionen in die Infrastruktur nur mehr marginale Auswirkungen auf Erreichbarkeitsverbesserungen haben. Die Wirkungszusammenhänge zwischen Infrastrukturausbauten und räumlicher Entwicklung scheinen zumindest nicht mehr eindeutig zu sein (vergleiche Banister und Berechman, 2000).

Das Hauptziel einer Infrastrukturpolitik besteht in der Versorgung von Bevölkerung und Wirtschaft mit öffentlichen Gütern (siehe Frey, 1979). Gerade in der föderalistischen Schweiz zeigen sich die Interessenvertreter geographisch peripherer Regionen immer wieder besorgt, dass sie ohne Integration in die modernen Verkehrsnetzwerke an der industriellen und auch touristischen Entwicklung nicht partizipieren können. Dass die Finanzierung neuer Verkehrsinfrastrukturen zu einer verbesserten Wettbewerbsfähigkeit und damit zu Wohlstandsverbesserungen führen, wird häufig auch von politischer Seite vorgebracht und dass das Fehlen ebendieser Infrastrukturen zu ökonomischer (touristischer) und demographischer Stagnation führt, wird von Interessenvertretern peripherer Regionen befürchtet. Der Zusammenhang zwischen Erreichbarkeitsverbesserungen und Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum, oder zumindest –Veränderung, ist eine Schlüsselgrösse der Regionalpolitik, auch wenn durchaus bekannt ist, dass Verkehrsnetzwerke nur eine notwendige und nicht eine hinreichende Voraussetzung für Wachstum sind. Frey, 1979, spricht der Infrastruktur, unter welcher er insbesondere den Verkehr versteht, eine raumprägende Komponente zu. Sie sei daher ein wichtiges Mittel der Regionalpolitik. Lendi und Elsasser, 1991, 138, präzisieren: „Eine zentrale – aber nicht alleinige Aufgabe von Regionalpolitik und Raumplanung besteht im Abbau unerwünschter räumlicher Disparitäten. Unter räumlichen Disparitäten versteht man signifikante Unterschiede in der sozio-ökonomischen Entwicklung.“ Die Verkehrsinfrastruktur entscheidet denn auch über das Ausmass, in welchem Standortfaktoren und Entscheidungsträger aufeinander einwirken können (Kesselring et al., 1982). Sie ist für die raumwirtschaftliche Entwicklung demnach von grosser Bedeutung. Aus diesem Grunde werden die Entscheidungsträger versuchen auf die Verkehrsinfrastruktur Einfluss zu nehmen. Über Jahrzehnte drehte sich dabei die Diskussion, und dies ganz ausgeprägt in der föderalistischen Schweiz mit ihren weit reichenden kantonalen Kompetenzen, um die verbesserte Erschliessung peripherer Regionen. Erst in den letzten beiden Jahrzehnten sind auch die Agglomerationen mit ihren verkehrsspezifischen Problemen ins Zentrum des Interesses gerückt, so etwa bei der Inbetriebnahme der Zürcher S-Bahn im Jahr 1990, der Einführung der verschiedenen Verkehrsverbünde oder, aktuell, bei der Zustimmung der Eidgenössischen Räte im Oktober 2006 zum Bundesgesetz über den Infrastrukturfonds für den Agglomerationsverkehr, das Nationalstrassennetz sowie Hauptstrassen in Berggebieten und Randregionen.

Auch wenn in der Schweiz in der Vergangenheit für die Erweiterung der Verkehrsinfrastruktur immer wieder in erster Linie ökonomische Gründe und damit Wohlstandsverbesserungen ins Feld geführt wurden (für die Argumentation für den Bau der verschiedenen Verkehrsübergänge am Gotthard, siehe z. B. Moor, 2004), wächst auch in breiten Kreisen der Bevölkerung spätestens seit dem Aufkommen der Umweltbewegung während der Ölkrise in den früheren 1970er Jahren die Erkenntnis, dass Infrastrukturausbauten auch nicht erwünschte Effekte, sogenannte negative Externalitäten, mit sich bringen. Als Externalität bezeichnet man die Aus-

wirkung einer Aktivität auf Dritte, welche nicht kompensiert wird. Extern heisst, dass ein Geschädigter keine Entschädigung erhält und ein Nutzniesser keine Gegenleistung entrichten muss (siehe dazu auch Frey, 1991). Banister und Berechman, 2000, beschreiben eine ganze Reihe von positiven und negativen Externalitäten, welche direkt mit Verkehrsinfrastruktur in Zusammenhang stehen:

- Demographische Veränderungen und Effekte der Motorisierung
- Räumliche und soziale Effekte
- Umwelteffekte
- Urbane Formen und Strukturen
- Implikationen für die ökonomische Entwicklung

Auch Rietveld und Bruinsma, 1998, betonen das politische Interesse an der Bedeutung von Infrastrukturinvestitionen. Folgende Punkte, welche für die Politik von besonderem Interesse sind, werden genannt:

- Erreichbarkeitsauswirkungen
- Ökonomische- und Ortsauswirkungen

und in neuerer Zeit ebenfalls

- Ökologische Auswirkungen

Insbesondere die ersten beiden Punkte werden in dieser Arbeit genauer untersucht.

Bis jetzt lagen in der Schweiz und auch anderswo kaum flächendeckenden Angaben über die Erreichbarkeit und deren Entwicklung vor. Auch war es bis anhin nicht möglich, die Auswirkungen von Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur anhand des Erreichbarkeitsmasses flächendeckend und fein aufgelöst, über einen längeren Zeitraum quantitativ darzustellen. Zwar wurden und werden eine Vielzahl von Arbeiten spezifisch zu diesen Fragestellungen auch in der Schweiz erstellt. Sie orientieren sich aber häufig an einem singulären Fallbeispiel (etwa einer Neueröffnung eines Teilstückes, einer Umfahrung, siehe z. B. ARE, 2006), sind räumlich nicht fein genug aufgelöst oder decken keinen genügend langen Zeithorizont ab. Viele Studien operationalisieren die Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur oft mit ihren Baukosten (etwa Aschauer, 1989, Munell, 1990, oder Holtz-Eakin, 1994), was eine regionale Differenzierung erschweren kann (siehe für einen Überblick der empirischen Forschungsarbeiten Kapitel 5.2). Die vorliegende Arbeit versucht, hier eine Lücke zu füllen. Dem Anspruch auf

räumliche Schärfe und zeitliche Tiefe sollen auch die statistischen Analysemethoden mit geeigneten Ansätzen zur Paneldatenanalyse wie Multilevel- oder *Spatial Error* Modellen gerecht werden.

1.2 Fragestellung

Die Motivation, den so skizzierten Themenbereich wissenschaftlich zu erforschen, führt für die vorliegende Arbeit zu folgender Zielsetzung und Fragestellung:

Ziel dieser Arbeit ist es,

Die räumlichen Auswirkungen der sich verändernden Erreichbarkeiten für die Schweiz während der letzten fünfzig Jahren darzustellen

Insbesondere sollen hierzu folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie hat sich die Raumstruktur in den letzten fünfzig Jahren entwickelt?
- Welche Rolle spielte dabei der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur?

Im ersten Teil der Fragestellung wird nur die räumliche Entwicklung ausgewählter Variablen dargestellt. Dabei liegt der Fokus auf einer räumlich möglichst fein aufgelösten Analyse.

Im zweiten Teil werden sodann die veränderten Erreichbarkeiten, wie auch deren Auswirkungen auf die Raumstruktur untersucht. Mit anderen Worten soll die Errechnung der Erreichbarkeit die Antwort auf folgende Frage geben: Was kann von wo erreicht werden, und wie gross ist der Aufwand zur Raumüberwindung? Auf diese Weise soll ein Mass für die Erreichbarkeit für jede Gemeinde der Schweiz errechnet werden. Der Fokus geht allerdings über eine rein deskriptive Analyse hinaus, die möglichen Zusammenhänge werden anhand geeigneter statistischer Methoden analysiert. Es geht dabei nicht um Fragen der individuellen Erreichbarkeit, sondern um aggregierte Masse (siehe dazu Kapitel 4).

Eine umfassende Hypothese wird nach der Herausarbeitung und der Diskussion der Erkenntnisse aus dem theoretischen Teil der Arbeit formuliert.

1.3 Abgrenzung

Zwar hat sich die Erreichbarkeit bereits mit der Gründung des Bundesstaates 1848 durch die Zollunion und dem Wegfall der Strassenzölle, sowie, einige Jahrzehnte später, insbesondere durch den Eisenbahnbau grundlegend verändert und auch das Hauptstrassennetz wurde schon mit dem Aufkommen des Automobils zu Beginn des 20ten Jahrhunderts stark ausgebaut. Trotzdem beschränkt sich die Analyse auf die fünf Jahrzehnte zwischen 1950 und 2000. Die Gründe für diese Beschränkung liegen im Aufwand für die Datenaufbereitung. Sowohl die Errechnung der Erreichbarkeiten wie auch das Aufbereiten (Digitalisieren) der Raumstrukturdaten erfordert grossen zeitlichen Aufwand, auch ist es sehr schwierig frühere Daten räumlich fein aufgelöst zu erhalten. Gleichwohl können mit dem gewählten Zeitraum die Erreichbarkeit und die räumlichen Strukturen der Schweiz von Baubeginn des Nationalstrassennetzes bis zu seiner praktischen Vollendung nachgezeichnet werden.

Räumlich erstreckt sich die Analyse auf die ganze Schweiz. Die Daten für die Raumstruktur und die Erreichbarkeit liegen gemeindefein vor (siehe Kapitel 6). Da die Schweiz besonders im Norden und Süden an dicht besiedelte Gebiete mit den entsprechenden Interaktionen angrenzt und die Grossräume Basel, Genf und Lugano-Mendrisio mit ihren Agglomerationen über die Landesgrenzen reichen, wurde der Untersuchungsraum dergestalt angepasst, dass diese genannten Grossräume über die Landesgrenzen hinaus vollständig abgedeckt werden können.

Dabei beschränkt sich diese Arbeit explizit auf die Darstellung und Erklärung der Wirkung der veränderten Verkehrsinfrastruktur auf die Raumstruktur. Ob eine gegenteilige Auswirkung, nämlich ob eine Rückkoppelung von Raumstruktur auf die Transportinfrastruktur, besteht, muss zu einem späteren Zeitpunkt untersucht werden. Die aus den Modellschätzungen generierten Resultate sollen im Wissen betrachtet werden, dass es neben der Verkehrsinfrastruktur eine Vielzahl weiterer Investitionen der öffentlichen Hand gibt, welche raumprägend sein können (man denke z. B. an Struktur erhaltende Massnahmen in der Landwirtschaft wie Subventionen oder generell Transferzahlungen in benachteiligte Regionen, wie der Eidgenössische Finanzausgleich, siehe dazu Kapitel 3.1), und sie daher nicht alleine für bestimmte räumliche Entwicklungen verantwortlich gemacht werden kann.

1.4 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit wird sich auf die räumlichen, die sozioökonomischen und demographischen Effekte von veränderten Erreichbarkeiten konzentrieren. Auf einem Theorieteil auf-

bauend, welcher die theoretischen Aspekte der Erreichbarkeit herleitet, liegt der Fokus der beiden weiteren Teile auf der Empirie zu Raumstruktur und Erreichbarkeit sowie der Analyse ihrer Auswirkungen auf die Raumstruktur. Die Fragestellung führt zu folgendem Aufbau der Arbeit:

Teil 1: Theorie, Methoden und Hypothesen

Dieser erste Teil der Arbeit zielt darauf ab, die wichtigsten Theorien zu räumlichen Strukturen, zu Verkehr und Raum, sowie zu den Methoden zur Erfassung ihrer Interaktionen zu beschreiben. Ein Kapitel wendet sich dabei der Theorie zu raumstruktureller Entwicklung zu, ein weiteres, darauf aufbauend, den empirischen Forschungsansätzen zur Messung der Auswirkungen der Verkehrsinfrastruktur auf die räumlichen Strukturen. Die wichtigsten Arbeiten dazu werden besprochen und kommentiert. Daneben wird die Historie des politischen Planungshintergrundes der Verkehrsinfrastruktur dargestellt. Auf den daraus resultierenden Erkenntnissen aufbauend wird eine Hypothese zur Fragestellung dieser Arbeit aufgestellt.

Teil 2: Deskriptiver Teil: Beschrieb und Analyse der Raumstruktur und der Erreichbarkeit, sowie deren Entwicklungen

Hier werden die raumstrukturellen Entwicklungen in der Schweiz während der letzten fünf Jahrzehnte quantitativ nachgezeichnet und beschrieben. Es interessiert insbesondere, wie sich die Raumstruktur wann und wo verändert hat. Prozesse wie die Suburbanisierung, die Entleerung der peripheren Gebiete, aber auch die geographischen Konsequenzen der Tertiarisierung der Wirtschaft werden speziell beachtet. Einbezogen werden Variablen zu Demographie und Ökonomie. Des Weiteren wird die Erreichbarkeit in der Schweiz und deren Entwicklung dargestellt.

Teil 3: Analytischer Teil: Ökonometrische Analyse der Auswirkung der Erreichbarkeitsentwicklung auf die Raumstruktur

In diesem dritten Teil werden sodann die empirischen Untersuchungen zu den Wirkungszusammenhängen und deren Ergebnisse im Detail beschrieben. Dem genauen Beschrieb der in dieser Arbeit verwendeten statistischen Methoden zur quantitativen Datenanalyse folgt die detaillierte statistische Auswertung der Regressionen. Insbesondere interessieren die Fragen nach der Stärke, dem Zeitpunkt

und der Verortung der Auswirkungen der veränderten Erreichbarkeit auf die Raumstruktur.

Die drei Teile werden in einem abschliessenden Kapitel zusammengefasst, miteinander verbunden, um die eingangs aufgestellten Fragestellungen abschliessend beantworten zu können und regional- und verkehrspolitische Schlüsse zu ziehen.

2 Verkehr und räumliche Strukturen - Forschungsstand der Theorie

In diesem einführenden Kapitel geht es darum, ein theoretisches Fundament für die nachfolgenden empirischen Untersuchungen aufzubauen. Dabei werden die wichtigsten theoretischen Ansätze zur Erklärung räumlicher Strukturen und deren Entwicklung, sowie ein Wirkungsgefüge zum Zusammenhang zwischen Infrastruktur und Raumentwicklung, immer im Blick auf die gestellte Fragestellung, besprochen.

Erste regionalwissenschaftliche Ansätze zur Erklärung räumlicher Muster von Siedlung und ökonomischen Aktivitäten entstanden mit der Industrialisierung und den sich durch den Bau des Eisenbahnnetzes im 19. Jahrhundert markant verändernden Erreichbarkeiten. Raum und räumliche Verteilungen spielten allerdings in der klassischen Ökonomie lange Zeit nur eine untergeordnete Rolle (siehe dazu Krugman, 1995). Krugman führt dies darauf zurück, dass in den klassischen Regionalwissenschaften, der Entwicklungsökonomie und der Wirtschaftsgeographie nicht mit den angenehmen Annahmen konstanter Erträge und perfektem Wettbewerb gearbeitet werden kann, hingegen müssen dort Skalenerträge und Oligopole einbezogen werden. Die real beobachteten Verhaltensmuster von Akteuren im Raum lassen sich also nicht ohne weiteres in die formale mikroökonomische Sprache übersetzen. Auf der anderen Seite wird bemängelt, dass sich die regionalwissenschaftlichen Ansätze bezüglich Marktstrukturen und Budgetrestriktionen als zu vage erwiesen haben (siehe Fujita et al. 1999). Die klassischen Theorien räumlicher Ökonomie, zu räumlicher Verteilung, wie auch zu räumlicher Interaktion kommen daher eher aus der Geographie denn aus den klassischen Wirtschaftswissenschaften. (Für eine ausführliche Zusammenstellung siehe z. B. Bodenmann, 2006, oder auch Brakman, 2001).

Eine umfassende Theorie der räumlichen Ordnung von Wirtschaft und Gesellschaft wurde bislang noch nicht erstellt (Schätzl, 1993). Verschiedene partielle Ansätze liefern hingegen wertvolle Beiträge zum Verständnis der räumlichen Differenzierung.

2.1 Standorttheoretische Ansätze

Siedlungen und ökonomische Aktivität sind nicht homogen im Raum verteilt, sondern sie folgen den natürlichen Strukturen wie der Topographie; auch treten diese Aktivitäten bei Orten mit erhöhter Standortgunst, wie fruchtbaren Böden, geschützten Siedlungsmöglichkeiten oder

auch bei natürlichen Verkehrsknotenpunkten wie Furten, Flussmündungen oder Taleingängen gehäuft auf (Bleisch, 2005).

Das diese natürliche Standortgunst eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für ökonomische Prosperität ist, hat Christaller bereits in der Zeit vor dem zweiten Weltkrieg thematisiert als er die Standortwahl von Unternehmen untersuchte: „Wir sehen nebeneinander in der gleichen Landschaft grosse und kleine Städte in allen Kategorien, bald sind sie in bestimmten Gebieten in unwahrscheinlicher, scheinbar sinnloser Weise gehäuft, bald gibt es weite Gebiete, wo kein einziger Ort die Bezeichnung Stadt...trägt“. Dabei fragt er: „aber warum gibt es denn grosse und kleine Städte, warum sind sie so unregelmässig verteilt?“ (Christaller, 1980, 11). Auf dieser Fragestellung aufbauend, veröffentlichte Christaller im Jahr 1933 die Theorie der zentralen Orte. Er misst jedem Gut aufgrund seiner spezifischen Transportkosten (Lagerung, Haltbarkeit, Verderblichkeit) eine äussere Reichweite zu. Diese entspricht jener maximalen räumlichen Entfernung zwischen Angebotsstandort und dem Wohnort der Konsumenten, bei welcher sich der Erwerb des Gutes gerade noch lohnt (Nachfrage-seite [diese maximale räumliche Entfernung liegt bei Luxusgütern über derjenigen von Gütern des täglichen Bedarfs]). Die Reichweite des angebotenen Gutes ergibt sich daher durch denjenigen Radius, innerhalb welchem der zur Kostendeckung notwendige Absatz realisiert werden kann (Angebotsseite). Auf diese Weise erklärt er die hierarchischen Beziehungsgefüge im Raum: Die Einzugsgebiete der Zentren von Metropolitanregionen fokussieren sich auf grössere Agglomerationen, welche sich wiederum auf überregionale Handelszentren ausrichten.

Der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur bewirkt in Christallers Modell, dass Käufer und Verkäufer von Gütern und Diensten einander näher rücken. Dadurch verschieben sich die Marktgrenzen, und die Tendenz zur räumlichen Konzentration wird verstärkt (Kesselring et al., 1982). Auch gemäss Koschitz, 1993, erhöht die verbesserte Erreichbarkeit die Reichweite der angebotenen Güter; allerdings nur in denjenigen Regionen, welche von der neuen Verkehrsinfrastruktur, etwa durch zusätzliche Halte von Intercitys oder durch neue Autobahnausfahrten, auch profitieren können. Diese Konzentration bedeutet dann Vermeidung oder Verringerung der Transportkosten und die Standortgunst der Zentren wird so weiter erhöht.

Diese Konzentration wirtschaftlicher Aktivitäten auf Orte erhöhter Standortgunst führt dann allerdings zwangsläufig zu Verdrängungseffekten, welche die Strukturen eines städtischen Perimeters, einer Agglomeration auf typische Weise formen. Von Thünen machte sich bereits im Jahr 1826 Gedanken zu den ökonomischen Gesetzmässigkeiten optimaler räumlicher Strukturen der (landwirtschaftlichen) Bodennutzung in Abhängigkeit zu der Entfernung zu einer isolierten Stadt (siehe Maier und Tödtling, 1992). Das Thünenmodell erlebte in den 1960er Jahren eine Renaissance, als Alonso, 1964, das Modell neu interpretierte und die Landwirtschaft durch die Siedlungsstrukturen und die isolierte Stadt durch das zentrale Geschäftszentrum er-

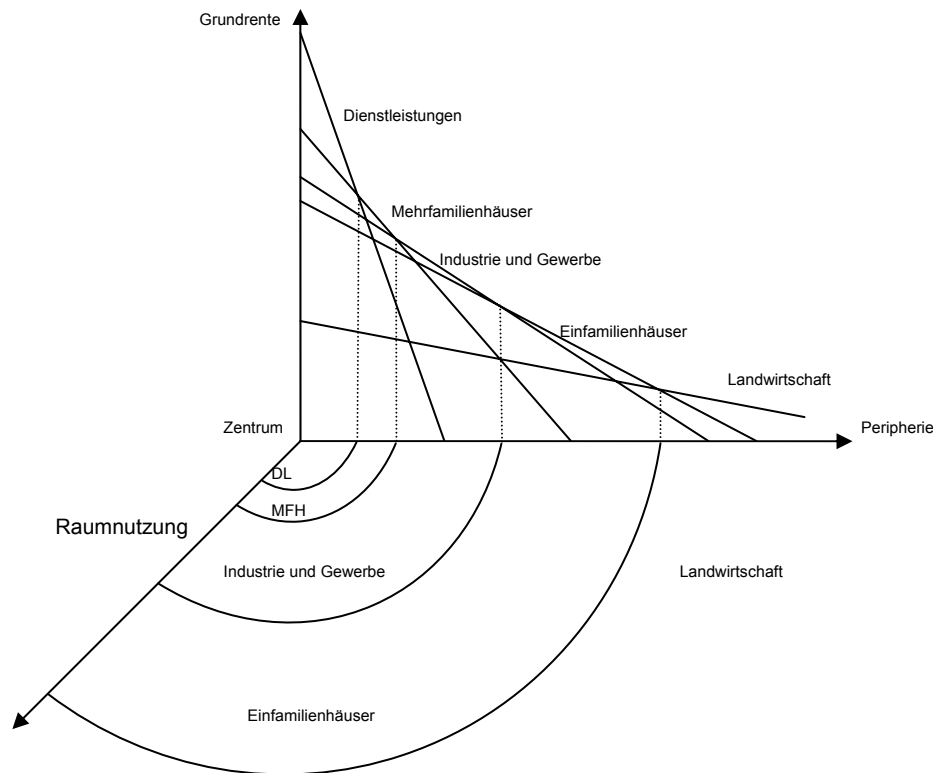
setzte (siehe auch Fujita et al., 1999). Diese Neuinterpretation wurde z. B. auch von Carter, 1995, verwendet um die Rentenlinien städtischer Landnutzungen in Abhängigkeit von der Distanz zum Zentrum aufzuzeigen.

Die innere Struktur eines städtischen Perimeters oder auch einer Agglomeration kann anhand des Lagerentenmodelles von Thünen erklärt werden, welches im Metropolitanraum durch den Nutzen der Zentralität, der erhöhten Standortgunst, einer Lage (und somit der Erreichbarkeit) für spezifische Bodennutzungsarten bestimmt wird. Ausgehend von einem Agglomerationszentrum, welches über die höchste Erreichbarkeit und somit über die beste Erschliessung im untersuchten Perimeter verfügt, ordnen sich die verschiedenen Arten der Bodennutzung – aufgrund der unterschiedlichen Beträge der Lagerente – im Planfall in konzentrischen Ringen um das (Stadt-)Zentrum an. Je nach Nutzung, (etwa Verkauf, Arbeitsplätze im Dienstleistungssektor und Wohnen) lässt sich für jede Nutzungsart eine Rentenfunktion zeichnen, welche die maximale Rente als Funktion der Markterreichbarkeit darstellt (nach Frey, 1990, und Bleisch, 2005).

Dort wo der Bodenmarkt keinem Regulativ unterliegt, können Bodenrentenmodelle helfen, unterschiedliche Raumnutzungen auf einem städtischen Perimeter, innerhalb einer Agglomeration, zu erklären. Mehrere konkurrierende Bodennutzungen in derselben räumlichen Entfernung (mit derselben Erreichbarkeit) vom Zentrum führen zu jeweils spezifischen Rentengradienten und somit zu unterschiedlichen Steigungsraten der Kurven der Rentenangebotsfunktionen, was sodann zu Überschneidungen führt (siehe Frey, 1990). Bei geringem Angebot an und gestiegener Nachfrage nach Boden erhöhter Zentralität steigen die Landpreise und Mieten an. Nachfrager mit geringerer Zahlungsbereitschaft können nicht mehr mit bieten, wodurch spezifische Nutzungen verdrängt werden (siehe Abbildung 2). Die jeweils höchste Zahlungsbereitschaft zur Nutzung des Bodens an einer spezifischen Lage mit einem entsprechenden Mass an Erreichbarkeit bestimmt also die typische Nutzung der Räume vom Stadtzentrum weg hinaus in die Peripherie.

In der Realität werden sich die so beschriebenen Bodenrenten kaum wie oben beschrieben ausgestalten, da nie mit einem linearen Abfallen der Bodenpreise von Zentrum konzentrisch hin zu peripheren Regionen gerechnet werden kann. So existieren gerade in der Schweiz, wo die sich stetig ausbreitenden Agglomerationen an den Rändern ineinander greifen (siehe dazu 7.5.1), wo diverse Agglomerationen in einen einzigen Metropolitanraum eingebettet sind, immer auch Nebenmaxima der Bodenrenten im Bereich von Nebengeschäftszentren.

Abbildung 2 Rentengradienten und Thünensche Ringe



Nach Frey (1990), modifiziert

2.2 Regionalwirtschaftliche Wachstumstheorien

Regionalwirtschaftliche Wachstumstheorien versuchen die Muster zu erklären, nach denen sich die Wirtschaft räumlich ausbreitet. Sie binden auch die Rolle mit ein, welche die Verkehrsinfrastruktur in diesen Entwicklungsprozessen spielt.

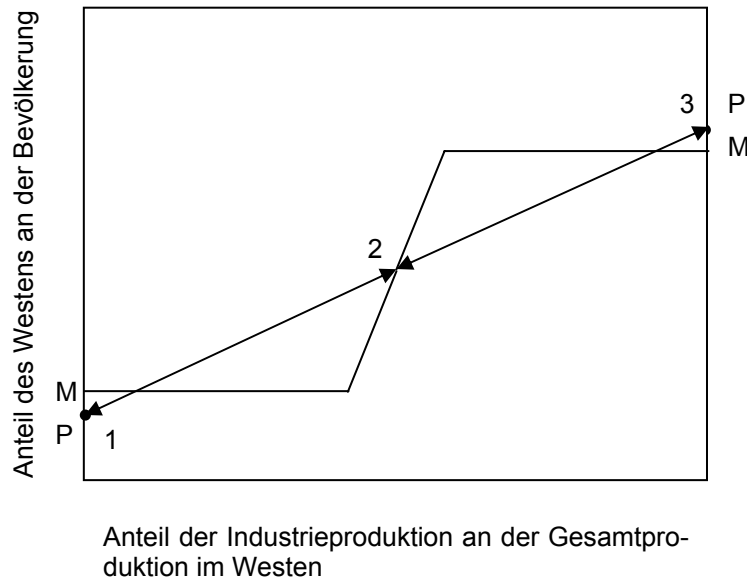
Das von Friedmann stammende Zentrum-Peripherie-Modell (Friedmann, 1966) ist ein wirtschaftsstufentheoretischer Ansatz. Er hat zum Ziel, die veränderten Rauminteraktionen verursacht durch die wirtschaftlichen Aktivitäten während der ökonomischen Transition zu erklären. Gemäss Friedmann durchläuft die Entwicklung der Volkswirtschaft mehrere Stufen einer zunehmenden Diversifizierung (herkömmliche Subsistenzwirtschaft, industrielle Güterproduktion, Dienstleistungsgesellschaft mit der entsprechenden nach Branchen aufgeteilten Arbeitsteilung), welche einhergeht mit einer sukzessiven Ausbreitung der Märkte. Friedmann

geht dabei von vier Stufen aus: 1. Vorindustrielle Phase: Autarke Wirtschaftsräume existieren weitgehend isoliert voneinander innerhalb grösserer nicht zusammenhängender Räume. Sie verfügen, wegen anteilmässig hoher Kosten zur Raumüberwindung, über schwache gegenseitige Austauschbeziehungen. 2. Beginnende Industrialisierung: Ein urbaner Verdichtungsraum wächst überproportional im Vergleich zu den anderen Siedlungen durch eine Zunahme industrieller Betriebe, Bevölkerung und Infrastruktur. Eine Sogwirkung stellt sich ein, der neu entstandene Verdichtungsraum entzieht dem Hinterland Wachstumspotential (Bevölkerung, Arbeitsplätze, Kapital). 3. Fortschreitende Industrialisierung: Jetzt gewinnen auch in der Peripherie gelegene Städte an Bedeutung und übernehmen Entwicklungsimpulse aus dem Hauptzentrum, da dort infolge Verdichtung sich die Ressource Boden verknappt und verteuert, es machen sich Verdrängungseffekte bemerkbar. 4. Spätindustrielle Phase: Bei fortgesetztem Wachstum einer Volkswirtschaft setzen sich die ausstrahlenden, ausgleichenden Wachstumseffekte fort und führen zu einer Ausgestaltung eines neuen Beziehungsgefüges in einem jetzt gut erschlossenen Städtesystem (nach Schätzl, 1993).

Die Kosten zur Überwindung des Raumes zwischen Zentrum und Peripherie marginalisieren sich also zusehends. In dieser Arbeit befindet sich die wirtschaftliche Entwicklung am Anfang des Untersuchungszeitraums 1950 bereits in einem industriellen Stadium und erreicht während der untersuchten Zeitspanne die postindustrielle Phase.

Krugman versucht in seinem Basismodell die traditionellen Ansätze wie die Zentrale-Orte-Theorie (Christaller, 1980), das Marktpotential nach Harris (Harris, 1954), sowie die Idee der zirkularen und kumulativen Verursachung (Myrdal, 1959) zu erweitern und in ein neues Modell zu integrieren und erweitert damit Friedmanns Ansatz indem er explizit Skaleneffekte, sowie die Interaktion zwischen der Bevölkerung und der Wirtschaft in sein Modell einbezieht (siehe Bodenmann, 2006). Für Krugman ist der Grund für die räumliche Ausdehnung in der gegenseitigen Beeinflussung von zunehmenden Erträgen, wie auch die Ursache geographischer Konzentration, aufgrund von Skaleneffekten, Transportkosten und Nachfrage zu suchen (Krugman, 1991).

Abbildung 3 Güterproduktion in einem Zweisektorenmodell



Quelle: Krugman (1991)

Wegen steigender Skalenerträge ist es von Vorteil, die Produktion eines jeden Gutes an möglichst wenigen Lokalitäten zu konzentrieren. Wegen der Transportkosten sollten diese Lokalitäten möglichst in der Nähe der grossen Märkte sein. Um dies zu veranschaulichen, konstruiert Krugman ein Zweisektorenmodell (immobiler Landwirtschaft und mobiler Industrieproduktion). Er unterteilt den Beobachtungsraum in einen westlichen und einen östlichen Teil. Die Linie PP (siehe Abbildung 3) repräsentiert das Verhältnis zwischen der in der Industrieproduktion tätigen Bevölkerung und der totalen Bevölkerung. Die immobilen Landwirte teilen sich gleichmässig auf beide Landesteile auf. Dabei ist π der Anteil der totalen Bevölkerung, welcher in der Produktion tätig ist. S_M ist der Anteil der im Westen in der Industrieproduktion tätigen Bevölkerung und S_N der Anteil der im Westen wohnhaften Bevölkerung.

Da im Westen die Hälfte aller Landwirte wohnt, wohnen dort im Minimum $(1 - \pi)/2$ Einwohner. Je mehr Industrieproduktion in diesem Landesteil angesiedelt ist, umso grösser ist deren Anteil:

$$s_N = \frac{1 - \pi}{2} + \pi S_M \quad (1)$$

Die Linie PP stellt deshalb eine Gerade dar, welche nicht mehr als 45 Grad Steigung aufwei-

sen kann.

Zur Linie MM: Hat der Westen einen sehr kleinen Anteil an der Bevölkerung, so ist es ökonomisch unklug dort zu produzieren und es ist billiger, die Märkte aus dem Osten zu bedienen. Umgekehrt ist es unsinnig im Osten zu produzieren, wenn der Westen den grösseren Bevölkerungsanteil hat. Sind nun die Fixkosten im Verhältnis zu den Transportkosten nicht zu hoch, so führt eine gleichmässig verteilte Bevölkerung zu einer lokalen Produktion.

Krugman folgert aus diesem Zweissektorenmodell, dass die Fokussierung der Produktion auf wenige Standorte umso stärker ist, je grösser die Skaleneffekte sind, je tiefer die Transportkosten sind und je grösser derjenige Teil der Produktion ist, welcher nicht auf die Lokalität natürlicher Ressourcen angewiesen ist.

Sind die Skaleneffekte gross genug, lohnt es sich für eine Firma den ganzen Markt von nur einer Produktionsstätte aus zu bedienen. Um Transportkosten zu minimieren wird nun ein Standort gesucht, welcher möglichst nahe an den Abnehmern liegt. Diese Firmen werden sich nun dort ansiedeln, wo sich bereits andere Produzenten niedergelassen haben – es entsteht ein sich verstärkender Prozess.

Aus diesen theoretischen Überlegungen konstruiert Krugman, 1991, ein anschauliches Beispiel der Austauschbeziehungen zwischen Transportkosten und Skaleneffekten (Tabelle 2). Produktionskosten im Zentrum (10) sind wegen den unterschiedlichen Faktorkosten höher als in der Peripherie (8). Würde man an beiden Orten gleichzeitig produzieren, so wären die Güter sogar noch teurer (12). Da der Zentrumsmarkt grösser ist als der in der Peripherie, sind die totalen Transportkosten grösser wenn in der Peripherie produziert wird. Die Transportkosten sind 0, wenn sowohl im Zentrum wie auch in der Peripherie produziert wird. Höhere Transportkosten führen also dazu, dass der Handel nicht profitabel betrieben werden kann und daher an beiden Orten produziert wird. Bei mittelteuren Transportkosten allerdings sind die totalen Kosten von Produktion und Transport im Zentrum am niedrigsten. Es kann daher ein Prozess der räumlichen Polarisierung festgestellt werden. Ein typisches Beispiel dazu für schweizerische Verhältnisse wäre die Milch verarbeitende Industrie, welche noch vor 50 Jahren viele dezentrale Arbeitsplätze bereitstellte. Nicht nur die laufende Automatisierung der Industrie führe zu einer Konzentration. Heute ist es dank der guten Erschliessung viel kostengünstiger, die Milch an jedem Hof abzuholen und an ein paar wenigen Standorten im Mittelland zu verarbeiten. Im Jahr 1950 wäre dies aufgrund der technischen Möglichkeiten zur Raumüberwindung (was sich direkt in den Transportkosten niederschlägt) noch undenkbar gewesen.

Bei einer weiteren Verbilligung der Transportkosten bis hin zur Marginalisierung würde die

Produktion allerdings wieder in die Peripherie abwandern, würden doch nur mehr die Produktionskosten zubuche schlagen.

Tabelle 2 Hypothetische Effekte von Transportinfrastruktur auf die Produktion

Produktion in:	Produktionskosten	Transportkosten:		
		hoch	mittel	tief
Zentrum	10	3	1.5	0
Peripherie	8	8	4	0
Beide Standorte	12	0	0	0

Quelle: Krugman (1991)

2.3 Das Wirkungsgefüge Verkehr und Raum

Für Banister und Berechman, 2000, ist der fundamentalste Effekt von Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur die Verbesserung der Reisebedingungen, welche das Verhalten der Individuen, wie die Verkehrsmittelwahl, die Routenwahl, die Reisezeitwahl und die Zielwahl verändern können. Dies beeinflusst wiederum die Standortwahl der Haushalte und Firmen (wie ja auch Krugmans Modell zeigt), und damit einhergehend die Land- und Mietpreise und somit die Siedlungsstruktur als ganzes. Die Effekte von Infrastrukturinvestitionen lassen sich zweiteilen. Erstens in die direkten Effekte der Erreichbarkeitsveränderungen, welche sich direkt auf Ortswahl, Landpreise und veränderte urbane Formen, dann auf Erhöhungen der Mehrwerte für Produzenten und Konsumenten, sowie auf die Kosten für Produktion und Transaktion auswirken. Zweitens treten indirekte Auswirkungen wie Externalitäten und Multiplikatoreffekte auf. Auf den Verkehr bezogen treten Externalitäten auf, wenn z. B. die Reduktion der Transportkosten, welche von einer Infrastrukturverbesserung ausgehen, auch das Verhalten von Firmen und Individuen in anderen Märkten beeinflussen. Multiplikatoreffekte treten auf, wenn ein wirtschaftlicher Impuls (Infrastrukturausbau z. B.) sich überproportional auf eine zu erklärende Grösse (z. B. Wohlstand) auswirkt. Die Erschliessung und Verbesserung der Erreichbarkeit hat also zur Folge, dass die Distanzen zwischen Anbietern von Gütern und Konsumenten verkürzt werden. Die Erschliessung ermöglicht auch eine Erweiterung der Aktionsradien und der Ausdehnung der Arbeitsteilung im Raum, was ja wie besprochen, bereits von den klassischen Ökonomen als wichtige Grundlage für Wohlstand und Prosperität

angesehen wurde.

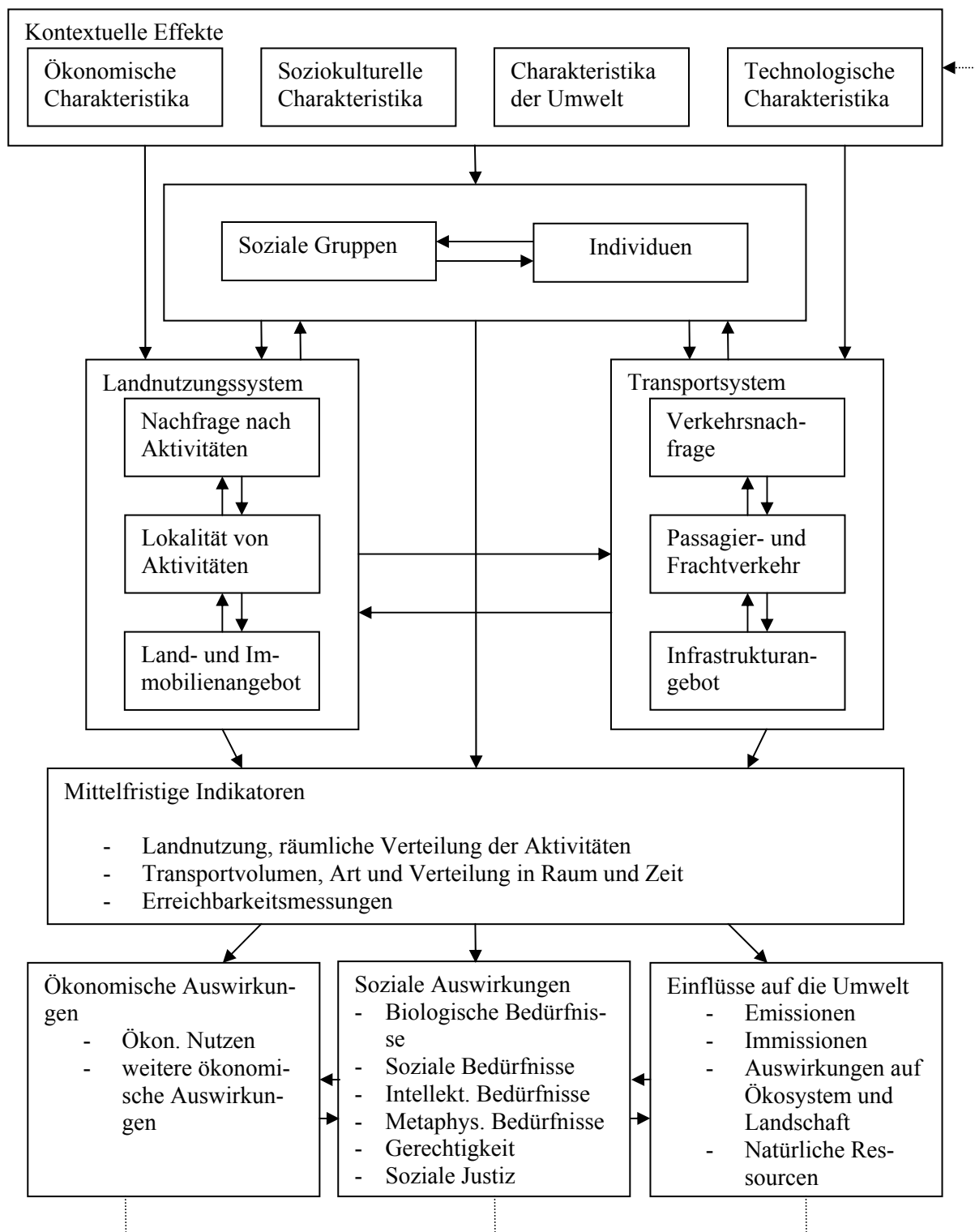
Geurs, 2006, schlägt zur Messung aller Indikatoren und ihrer Wechselwirkungen ein Modellkonzept vor, welches zwei unabhängige Systeme für Landnutzung und Transport beinhaltet. Diese agieren bilateral (Abbildung 4). Das Landnutzungssystem beinhaltet die Verteilung und das Angebot von Land, Bauten und Liegenschaften im Raum, sowie die Verteilung und die Nachfrage nach Aktivitäten und der Ausgleich zwischen der Nachfrage nach und dem Angebot von Land. Das Landnutzungssystem determiniert die Nachfrage nach Landnutzung und kreiert die Nachfrage nach Raumüberwindung für Personen und Güter. Das Volumen und die Charakteristika der Reisen und Gütertransporte innerhalb des Transportsystems ist das Resultat des Ausgleichs zwischen der Nachfrage nach Reisen und dem Angebot an Infrastruktur. Das Transportsystem kreiert Möglichkeiten der räumlichen Interaktion, welche mittels der besprochenen Terminologie der Erreichbarkeit gemessen werden können.

Die Erreichbarkeit und ihre Veränderung über die Zeit im Raum ist daher Grundlage für Entscheide zur Standortwahl von Unternehmen, sowie zur Niederlassung von Haushalten und führt so zu Veränderungen im Landnutzungssystem. Dieses Landnutzungs-/Transportsystem wird aber einer Vielzahl weiterer kontextueller Effekte, wie der generellen Wirtschaftsstruktur, wozu auch das Subventionswesen und regionalpolitische Massnahmen gezählt werden (siehe 3.1.2), den soziodemographischen Charakteristika, aber auch denjenigen der Umwelt mit beeinflusst.

Durch den Bau von Verkehrsinfrastruktur entstehende Änderungen im System Landnutzung/Transport (eben z. B. bedingt durch die Erreichbarkeitsveränderungen) haben mittelfristige Auswirkungen auf das Transportvolumen und die räumliche Verteilung von Aktivitäten. Diese Veränderungen bewirken langfristige Änderungen in der wirtschaftlichen Struktur (wie sich verändernde Nutzungen oder Skalenerträge), in der Ökologie (Immissionen, Emissionen, Auswirkungen auf das Ökosystem und die natürlichen Ressourcen), sowie auf das soziale/sozioökonomische Gefüge.

Fürst und Wegener, 1999, unterscheiden vier Klassen von Auswirkungen veränderter Erreichbarkeit, je nach Geschwindigkeit, mit welcher Erreichbarkeitsveränderungen sich auf den Raum auswirken. Unmittelbare Veränderungen zeigen sich z. B. in der veränderten Verkehrsmittelwahl und im Transportaufkommen. Sehr langfristige Veränderungen sind dagegen in den langfristigen Landnutzungsstrukturen zu suchen.

Abbildung 4 Modell für die Funktion und Einflüsse des Landnutzungs-/Transportsystems



Nach Geurs (2006), modifiziert

2.4 Zusammenfassung

Die verschiedenen Theorien wurden im Lichte der Frage nach den Auswirkungen veränderter Verkehrsinfrastruktur auf die räumliche Entwicklung besprochen. Die besprochenen Ansätze zeigen, dass, auch wenn eine homogene Landoberfläche existieren würde, die (ökonomischen) Aktivitäten der Individuen trotzdem aufgrund der Distanzeffekte auf räumlich klar differenzierte Art auftraten. Diese differenzierte Raumordnung leitet sich ab von den ökonomischen Mustern, mit denen Güter und Dienstleistungen produziert, gehandelt und konsumiert werden.

Obwohl das Thünenmodell ein einfaches, beschreibendes Modell ist, ist es doch ein gutes Beispiel für die Aussagekraft einfacher ökonomischer Modellierung und der Gewinnung unerwarteter Einsichten (siehe dazu Fujita et al., 1999). Während Christallers Zentrale Orte Theorie bestenfalls in der Lage ist, die räumliche Struktur der Ökonomie im Zusammenhang mit Infrastrukturnetzen zu beschreiben, haben die Wachstumstheorien nach Krugman oder auch das Modell von Geurs den Anspruch diese auch zu erklären.

Die besprochenen theoretischen Ansätze zeigen, dass bis zu einem gewissen Grad eine Ordnung in der räumlichen Organisation ökonomischer Systeme zu existieren scheint, dieses ökonomisch-räumliche Gefüge aber durch die Transition der Wirtschaft, wie auch durch die veränderten Kosten der Raumüberwindung einem ständigem Wandel unterliegt. Zentrale Orte und somit auch urbane Zentren und Agglomerationen erscheinen über den Raum hierarchisch organisiert und dies reflektiert sich in beidem, den funktionalen Strukturen und der Bevölkerungsgrösse der verschiedenen Orte im Städtenetz, wie auch in den unterschiedlichen Strömen von Gütern und Nachfragern in die Zentren verschiedener hierarchischer Ebenen. Die verbesserte Erschliessung innerhalb der räumlichen Organisation bewirkt, dass sich die Wirkungsradien der Akteure erweitern, die Absatzmärkte dehnen sich aus, die Distanzen zwischen Angebot (Produktionsorte) und Nachfrage (Orte des Konsums ebendieser Güter) vergrössern sich, was dann auch die Lagerente (nach Frey, 1990) der Marktteilnehmer (Anbieter) verändern kann. Dies führt schlussendlich zu neuen räumlichen Strukturen und zu veränderten Hierarchien im Raum.

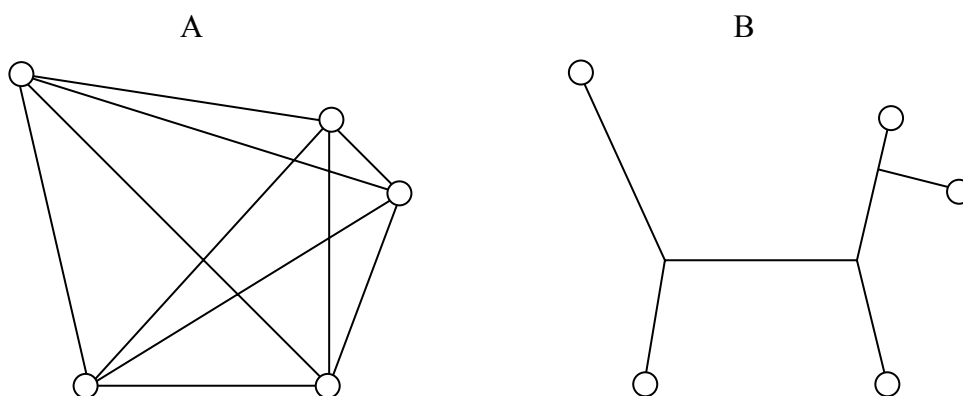
Inwieweit sich die besprochenen Theorien zu Raumstruktur von Thünen oder Christaller, sowie zu Verkehr und Raum von Krugman und Fujita zu den tatsächlichen Entwicklungen der Netze und räumlichen Strukturen in der Schweiz verhalten ist Gegenstand des analytischen Teils dieser Arbeit.

3 Die schweizerische Verkehrsinfrastruktur und ihr Planungshintergrund

Im folgenden Kapitel wird dargelegt, wie sich die Infrastruktur für Strassen und Eisenbahn in den letzten sechzig Jahren entwickelt hat und wie sich dies auf die Reisezeiten ausgewirkt hat. Neben einem generellen Überblick wird das Hauptaugenmerk auf den in den Untersuchungszeitraum fallenden Ausbau des Autobahnnetzes gelegt. Es wird weiter der Frage nachgegangen, wie dieser Netzausbau politisch begründet wurde. Von besonderem Interesse ist, inwieweit die Verkehrsinfrastruktur als Sektoralpolitik auch als Mittel der Regionalpolitik und Raumplanung angesehen wurde.

Die Verkehrsnetze wurden in der betrachteten Zeitperiode nicht überall gleichmässig ausgebaut. Um den Aufbau der Form eines Verkehrsnetzes zu verstehen, muss überlegt werden, was damit erreicht werden soll, für wen es dienen soll und welchen finanziellen Aufwand dafür getrieben werden soll.

Abbildung 5 Alternative Möglichkeiten fünf Orte mit einem Verkehrsnetzwerk zu erschliessen



Quelle: Bunge (1966)

Ein mögliches Ziel kann sein, das Netz für den Ersteller und Betreiber so kostengünstig wie möglich aufzubauen. Auf der anderen Seite könnte ein Netz geplant werden, welches die Kosten für den Nutzer so tief wie möglich hält. In Abbildung 5 werden diese beiden extremen Möglichkeiten aufgezeigt: Auf der linken Seite (A) steht ein Netzwerk, welches den maximalen Nutzen für den Verkehrsteilnehmer (durch tiefste Reisekosten und minimalem Zeit- und

Ressourcenaufwand) gewährt, da jeder der fünf Raumpunkte direkt mit jedem anderen optimal verbunden ist. Es ist das dichteste aller möglichen Netze. Auf der rechten Seite (B) dagegen wird dasjenige Netz dargestellt, in der die totale Netzlänge und damit die Kosten für Bau und Unterhalt auf ein Minimum reduziert wurden.

3.1 Verkehrsinfrastruktur im Lichte der Regionalpolitik und Raumplanung

In der Folge wird die Verkehrsinfrastruktur im Lichte der Raumplanung und der Regionalpolitik betrachtet. Um ein besseres Verständnis zum Verhältnis in dem sie zu den anderen Sektoralpolitiken steht zu erhalten, werden diese ebenfalls kurz umrissen.

3.1.1 Die Ziele der Raumplanung

Die Raumplanung strebt den vernünftigen Ausgleich zwischen Nutzung und Schutz des Raumes an. Das Raumplanungsgesetz legt die Ziele dar:

„Bund, Kantone und Gemeinden sorgen dafür, dass der Boden haushälterisch genutzt wird. Sie stimmen ihre raumwirksamen Tätigkeiten aufeinander ab und verwirklichen eine auf die erwünschte Entwicklung des Landes ausgerichtete Ordnung der Besiedlung. Sie achten dabei auf die natürlichen Gegebenheiten sowie auf die Bedürfnisse von Bevölkerung und Wirtschaft.“ (RPG 1979: Art.1 Abs.1)

„Sie unterstützen mit Massnahmen der Raumplanung insbesondere die Bestrebungen,

- a. die natürlichen Lebensgrundlagen wie Boden, Luft, Wasser, Wald und die Landschaft zu schützen;
- b. wohnliche Siedlungen und die räumlichen Voraussetzungen für die Wirtschaft zu schaffen und zu erhalten;
- c. das soziale, wirtschaftliche und kulturelle Leben in den einzelnen Landesteilen zu fördern und auf eine angemessene Dezentralisation der Besiedlung und der Wirtschaft hinzuwirken;
- d. die ausreichende Versorgungsbasis des Landes zu sichern;
- e. die Gesamtverteidigung zu gewährleisten.“ (RPG 1979: Art.1 Abs.2)

Dabei wird zwischen dem funktionalen und dem nominalen Raumplanungsrecht unterschieden:

Das raumbedeutsame Recht – oder gleichbedeutend – das so genannte funktionale Raumplanungsrecht auf Bundesstufe umfasst die rechtlichen Grundlagen für die raumwirksamen Tätigkeiten des Bundes. Unter raumwirksamen Tätigkeiten sind (planbare) Aktivitäten zu verstehen, die laut Artikel 1 RPV, „die Nutzung des Bodens oder die Besiedlung des Landes verändern oder bestimmt sind, diese zu erhalten“ (BRP, 1998, 12). Als Beispiele könnten hier etwa das Wohnbau- und Eigentumsförderungsgesetz, das Landwirtschaftsgesetz, das Eisenbahngesetz oder das Bundesgesetz über die Nationalstrassen genannt werden.

Das nominale Raumplanungsrecht umfasst das Bundesgesetz über die Raumplanung (RPG) vom 22. 06. 1979. Das Bundesgesetz über die Raumplanung regelt nur die Planungen „nach diesem Gesetz“ über die Sachpläne und Konzepte des Bundes, welche für die Richtpläne und Nutzungspläne der Kantone und Gemeinden verbindlich sind (VLP, 2006). Die Konzepte und Sachpläne nach Artikel 13 des Raumplanungsgesetzes stellen das wichtigste Planungsinstrument des Bundes dar. Sie ermöglichen eine umfassende Planung und Koordination raumwirksamer Bundestätigkeiten unter Berücksichtigung der anzustrebenden räumlichen Entwicklung des Landes (BRP, 1998). Als Beispiele angefügt seien der Sachplan Verkehr, der Sachplan AlpTransit, der Sachplan nukleare Entsorgung oder das Konzept Übertragungsleitungen.

3.1.2 Die Regionalpolitik und ihre Ziele

Zentraler Inhalt der Regionalpolitik ist die Stärkung der regionalen Wettbewerbsfähigkeit und damit die Verhinderung der Abwanderung aus wirtschaftlich schwachen Regionen. Artikel 75 abs. 2 der Bundesverfassung verpflichtet den Bund, die Bestrebungen der Kantone für eine zweckmässige Nutzung des Bodens und eine geordnete Besiedlung des Landes zu fördern und zu koordinieren. Förderung beinhaltet dabei auch das Ausrichten finanzieller Beiträge. In Artikel 103 erhält der Bund die Befugnis, wenn das Gesamtinteresse es rechtfertigt, nötigenfalls in Abweichung von der Handels- und Gewerbefreiheit, Vorschriften zu erlassen unter anderen zum Schutze wirtschaftlich bedrohter Landesteile (nach Wachter, 1995). Der Versuch einer koordinierten, direkten Regionalpolitik nahm ihren Anfang in der Nachkriegszeit aus der Annahme heraus, dass „erstens die Marktwirtschaft aus sich heraus zu regionalen Ungleichgewichten neige, und dass zweitens der Staat gegenüber wirtschaftlich benachteiligten Regionen Hilfestellungen bieten sollte“ (Wachter, 1995, 149). Die Hauptziele der Instrumente sind, auch gemäss Artikel 1 des RPG, das Wohlstandsgefälle innerhalb der Schweiz möglichst klein zu halten und Auswirkungen divergierender Entwicklungen abzufedern. Dabei sollen nach Wachter, 1995, insbesondere auf folgende Punkte Wert gelegt werden: Politische Eigenständigkeit, Föderalismus, Regionalausgleich, wirtschaftliche Stabilität, gesamtwirtschaftlicher Wohlstand, Landschafts-/Umweltschutz und auch die politische Eigenständigkeit. Der

Bund verfügt über verschiedene Instrumente, welche unter dem Titel Regionalpolitik zusammengefasst werden können. Seit den 1940er Jahren des 20. Jahrhunderts wurden in der Folge die verschiedensten Werkzeuge entwickelt um das Wohlstandsgefälle innerhalb der Schweiz nicht weiter anwachsen zu lassen, der Abwanderung aus dem Berggebiet entgegenzusteuern und den wirtschaftlichen Strukturwandel, etwa in der Uhrenindustrie, zu fördern. Die wichtigsten sind untenstehend aufgeführt (Zahlen Expertenkommission, 2002):

- **Finanzausgleich**
Dabei werden die finanzschwachen Kantone mit einer Summe von 1.5 Mrd. CHF/Jahr durch die finanzstarken Kantone subventioniert
- **IHG (Investitionshilfegesetz für Berggebiete)**
Unterstützung von Investitionen von Berggebieten durch den Bund in der Höhe von 160 Mio. CHF/Jahr in Form von zinskostengünstigen Darlehen.
- **Beschluss zugunsten wirtschaftlicher Erneuerungsgebiete („Bonny-Beschluss“)**
Finanzierungshilfen wie Steuererleichterungen, Zinskostenbeiträge oder Übernahme von Bürgschaftsverlusten zugunsten wirtschaftlicher Erneuerungsgebiete (8 Mio. CHF/Jahr plus Steuererleichterungen)
- **Regio Plus**
Unterstützung des Strukturwandels im ländlichen Raum (70 Mio. CHF/Jahr)
- **Interreg**
Förderung und Finanzierung von grenzübergreifenden Projekten um eine ausgewogene Entwicklung der Regionen über die Landesgrenzen zu erreichen (39 Mio. CHF/Jahr)
- **InnoTour**
Förderung von Innovation und Zusammenarbeit im Tourismus (18 Mio. CHF/Jahr)
- **Kantonale Regionalpolitik**
Dazu gehört neben der aktiven Wirtschaftsförderung auch die Infrastruktur- und Steuerpolitik (Hotz-Hart, 2006).

Die verschiedenen regionalpolitischen Massnahmen wurden im Laufe der Jahre schrittweise ausgebaut. Sie haben sich aber als zunehmend unübersichtlich und zu wenig wirksam erwiesen. Auch wurden deren marktverzerrende Wirkungen bemängelt (siehe dazu Odermatt und Wachter, 2004). So wurden die Investitionshilfe für Berggebiete und die Förderung wirtschaftlicher Erneuerungsgebiete (Bonny-Beschluss) angereichert mit der Unterstützung des Strukturwandels im ländlichen Raum (Regio Plus) und der Förderung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit (Interreg). Alle Instrumente der Regionalpolitik sollen deshalb neu ausgerichtet und in einem Erlass zu einer „Neuen Regionalpolitik“ (NRP) zusammengeführt werden (siehe dazu Buser, 2006).

Neben der direkten Förderung strukturschwacher Regionen gibt es die indirekte Förderung durch direkte Sektoralpolitiken, welche in vielfacher Weise raumprägend sein können:

Verteidigung: Infrastrukturbauten und Betriebe der Armee werden nicht nur aus strategischen Gründen dezentral erstellt. Sekundärziel war immer auch die Förderung strukturschwacher, peripherer Regionen. Auch indirekt werden die Strukturen dieser Regionen durch Unterstützung von Gastgewerbe und Kleingewerbe gestützt (Der Verteidigungshaushalt beträgt pro Jahr gut 3.8 Mrd. CHF (VBS, Zahlen für 2006)). **Landwirtschaft:** Subventionszahlungen für den Agrarsektor werden explizit auch zur Förderung der dezentralen Besiedlung des Landes vorgenommen (so hiess das heutige Landwirtschaftsgesetz bei Inkrafttreten 1951 Bundesgesetz über die Förderung der Landwirtschaft und die Erhaltung des Bauernstandes). Alle Bundessubventionen betragen gemäss BfS knapp 4 Mrd. CHF (Zahlen für 2003). **Verkehr:** Verkehrspolitik, auf welche unten im Detail eingegangen wird, ist fraglos raumrelevant. Die Bruttoausgaben betragen gemäss der Eidgenössischen Strassenrechnung des BfS für National-, Kantons- und Gemeindestrassen 7.1 Mrd. CHF, davon fallen auf die Investitionen 4.1 Mrd. CHF und auf die laufenden Betriebsausgaben 2.9 Mrd. CHF (BfS, 2007, Zahlen für 2004).

Im Vergleich mit den strukturerhaltenden Massnahmen der diversen Sektoralpolitiken, wie eben z. B. Subventionen und Direktzahlungen für die Landwirtschaft, und den Transferzahlungen in benachteiligte Regionen wie der direkte Finanzausgleich und die IHG Zahlungen, nehmen die regionalen Massnahmen wie Regio Plus, Interreg und InnoTour eine ungleich kleinere Rolle ein.

3.2 Konzepte zur Planung von Raumstruktur und Verkehr

Die Notwendigkeit einer verkehrspolitischen Gesamtschau wurde in der Schweiz schon vor über sechzig Jahren erkannt. Auslöser war die schon vor dem Zweiten Weltkrieg einsetzende Verbreitung des Automobils als Personen- wie als Gütertransportmittel, welche mehr und mehr zu einer ernsthaften Konkurrenz für die Eisenbahn wurde. Haefeli, 2006, 87, schreibt: „Dieser so genannte Schiene-Strasse Konflikt prägte die Verkehrspolitik der ersten Nachkriegszeit. Die Frage der Rollenteilung zwischen den beiden Verkehrssystemen führte zum Ruf nach einer „Verkehrskoordination als politischer Aufgabe“.

Im Verlaufe der Dekaden zwischen 1950 und 1970 setzte die Massenmotorisierung ein. Die Strassenbauprogramme wurden auf dieses stark zunehmende Verkehrsaufkommen ausgerichtet. Der Siegeszug des Automobils als Massenverkehrsmittel geht mit dem allgemeinen Wirt-

schaftsaufschwung der Nachkriegszeit und einem fast grenzenlosen Vertrauen in die Möglichkeiten des technischen Fortschritts einher. Deshalb ist es auch leicht verständlich, dass die Verkehrspolitik ihre Prioritäten in dieser Phase nicht in einer vorausschauenden, entwicklungssteuernden Gesamtkoordination sah. Es war vielmehr eine vom Eindruck der stark anwachsenden Verkehrsbedürfnisse der Bevölkerung geprägte reaktive Politik. Das starke föderalistische Element des Schweizerischen Staatswesens kommt bei der Planung und beim Bau seiner Verkehrsinfrastruktur sehr deutlich zum Ausdruck. Der Strassenbau unterlag dabei einer pragmatischen Politik der „Flaschenhalsbeseitigung“ (Kesselring et al., 1982) und wurde in der ersten Hälfte des 20ten Jahrhunderts und auch noch zu Beginn der Planungsarbeiten zum Autobahnnetz kaum als Mittel der Regionalpolitik angesehen. Erste Anläufe in diese Richtung wurden dann allerdings während der Planungsphase selbst gemacht, als grundsätzlich die Aufgabe des Strassennetzes dargelegt wurde: „Das schweizerische Strassennetz hat aber nicht nur der Verbindung zu dienen, sondern auch der Erschliessung“ (EDI, 1958, S. 34). Für den Autobahnbau wurde allerdings relativiert: „Es erhebt sich schon in diesem frühen Stadium die Frage, ob mit der Autobahnplanung über die verkehrspolitischen Ziele hinaus noch allgemeine landesplanerische Bestrebungen verfolgt werden sollen, sei es die Erschliessung gewisser Gebiete oder die Förderung oder Hemmung bestimmter Entwicklungstendenzen. Wenn wir das Hauptziel der Strassenplanung im Auge behalten, muss diese Frage verneint werden, denn die Autobahnplanung wird bestimmt durch die heutigen Gegebenheiten, durch die allgemeine Verkehrsnot, die Unzulänglichkeit unseres Strassennetzes und die Bedürfnisse des Verkehrs, die gegenüber den planerisch wünschbaren Veränderungen unheimlich schwer wiegen“ (EDI, 1958, S. 34).

Eine koordinierte Planung und Zielformulierung für eine Regionalpolitik unter Einbezug der Verkehrsinfrastruktur bestand auch nach der Eröffnung der ersten Teilstücke des Nationalstrassennetzes auch in den 60er Jahren nur in Ansätzen. Einen Versuch das endogene Bevölkerungs- Siedlungs- und Wirtschaftswachstum durch eine koordinierte Planung zu lenken, stellen die Landesplanerischen Leitbilder von 1971 (Rotach, 1971) dar, in denen die Verkehrsinfrastruktur als raumwirksames Mittel eine wichtige Rolle einnimmt.

Auf diesen ersten Ansatz zur Koordination Ende der 1960er Jahre baute das nationale Raumplanerische Leitbild CK-73 auf (EJPD, 1973), welche dann letztlich im Raumplanungsgesetz mündete. Erst mit dessen Inkraftsetzung 1979 werden Ziele und die Kompetenzabstimmungen zwischen Bund, Kantonen und Gemeinden festgeschrieben. Als wünschenswerte Planungsziele wird insbesondere im Gesetz festgehalten:

Das soziale, wirtschaftliche und kulturelle Leben in den einzelnen Landesteilen zu fördern und auf eine angemessene Dezentralisation der Besiedlung und der Wirt-

schaft hinzuwirken.“ (RPG 1979: Art.1 Abs.2 Lit c)

und weiter:

"Für die öffentlichen oder im öffentlichen Interesse liegenden Bauten und Anlagen sind sachgerechte Standorte zu bestimmen. Insbesondere sollen

a. regionale Bedürfnisse berücksichtigt und störende Ungleichheiten abgebaut werden;" (RPG 1979: Art.3 Abs.4 Lit.a)

Obwohl bereits zu Beginn der Autobahnplanung Anregungen für ein über die reine Strassenplanung hinausgehendes Gesamtkonzept vorhanden waren (Ackermann, 1992), existiert eine integrale Konzeption für den Verkehr, welche auch demographische und ökonomische Überlegungen, die Akteure und den Raum einbezieht, erst seit 1977 mit der Schweizerischen Gesamtverkehrskonzeption (GVK), welche auch die Luft- und Schifffahrt einschliesst. Deren Grundlage sind wiederum die oben besprochenen Landesplanerischen Leitbilder und die CK-73. Die GVK resümiert über die bisherige Verkehrspolitik: „Die schweizerische Verkehrspolitik der letzten drei bis vier Jahrzehnte ist gekennzeichnet durch eine sektorielle Entwicklung. Jeder Verkehrsträger besitzt seine eigene Gesetzgebung und Infrastrukturplanung sowie seine besondere Finanzierungsmethode. Die öffentlichen Belange des Verkehrs werden in fünf verschiedenen eidgenössischen Departementen und in 25 Kantonen behandelt. Keiner Instanz ist es möglich, die gesamten Auswirkungen auf den Landbedarf, die Siedlungsstrukturen, die Umweltbelastung, die öffentlichen Finanzen usw. zu überblicken und den Verkehr im Sinne eines möglichst sparsamen Mitteleinsatzes zu koordinieren“ (siehe EVED, 1977, 36). Die Besonderheiten des Schweizerischen Verkehrsnetzes und der Erreichbarkeitsentwicklung ist denn auch unter diesen Prämissen zu sehen. Als generelle regionalpolitische Zielsetzung nennt die GVK: „Keine weitere Verstärkung der interregionalen Ungleichgewichte durch qualitative Förderung benachteiligter Landesteile“ (siehe EVED, 1977, 38).

Allerdings wurden keine der Vorschläge der GVK für eine vollständige Neufassung der Verkehrsverfassung aufgenommen. Auch eine redimensionierte Vorlage des Bundesrates für eine koordinierte Verkehrspolitik wurde durch Volk und Stände im Jahre 1988 abgelehnt (Bundesbeschluss über die Verfassungsgrundlagen für eine koordinierte Verkehrspolitik; nach Lendi, 2004). Erst mit dem 2006 publizierten Sachplan Verkehr (UVEK, 2006), werden die Zielsetzungen des Bundes zur Verkehrsinfrastruktur und der räumlichen Entwicklung verbindlich dargelegt. Insbesondere werden folgende Punkte genannt:

- Funktionalität der Verkehrsinfrastrukturen für Gesellschaft und Wirtschaft erhalten
- Qualität der Verbindungen zwischen Agglomerationen und Zentren verbessern;
- Erreichbarkeit der ländlichen Räume und der Tourismusregionen gewährleisten

sowie die Grundversorgung sicherstellen;

- Siedlungsentwicklung nach innen fördern und die Qualität des Siedlungsraumes steigern;
- Den Verkehr sicher machen;
- Umweltbelastungen senken sowie natürliche Lebensgrundlagen schonen.

Bei der Beurteilung und Diskussion der empirischen Analysen zu den Erreichbarkeitsveränderungen in den folgenden Kapiteln sollen diese Zielsetzungen im Auge behalten werden.

3.3 Die schweizerische Strassenverkehrspolitik der letzten fünfzig Jahre

Die gesamte Länge der National- und Kantonsstrassen der Schweiz beträgt etwas mehr als 20'000 km; davon sind nicht ganz 1'900 km Nationalstrassen (im Endausbau) und knapp 2'300 km Hauptstrassen (UVEK, 2006). Die Planung und Koordination des Strassennetzes lag bei der Gründung des Bundesstaates alleine bei den Kantonen. Grosse Teile des Strassennetzausbaus entstanden weder mit Finanzhilfe des Bundes noch mit irgendeiner Koordination auf Bundesebene. Erst seit 1928 nimmt der Bund durch Beiträge an die Instandstellung und den Unterhalt der für den Durchgangsverkehr dienenden Strassen, also via fiskalische Mittel, überhaupt Einfluss auf Planung und Bau der kantonalen Strassen.

Die politischen Forderungen nach einer besseren Verkehrskoordination gehen auf die 1930er Jahre zurück. Als Folge der Wirtschaftskrise wollte die Industrie im so genannten „Verkehrsteilungsgesetz“ eine Arbeitsteilung zwischen Schiene und Strasse im Güterverkehr durchsetzen mit dem Ziel, den Fernverkehr der Schiene und den Nahverkehr der Strasse zu übertragen. Dieses Gesetz wurde 1935 vom Volk in einer Referendumsabstimmung verworfen. Ebenfalls abgelehnt wurde 1946 der Koordinationsartikel 23ter der Bundesverfassung, welcher dem Bund die Ordnungsbefugnis über alle damals bekannten Verkehrsmittel übertragen wollte. Die Planungshoheit über weite Teile der Verkehrsinfrastruktur lagen somit weiterhin bei den einzelnen Kantonen (nach Ackermann, 1992).

Erst mit dem Nationalstrassengesetz im Jahr 1960 wurden die Kompetenzen für die Autobahnen zwischen den Akteuren geregelt:

Die Nationalstrassen stehen unter Vorbehalt der Befugnisse des Bundes unter der Hoheit der Kantone (Nationalstrassengesetz, 1960: Art 8.1)

Die Planungshoheit der Netzausgestaltung lag in erster Linie beim Bund, wobei die Detailplanung, Landbeschaffung, Bau und Unterhalt den Kantonen oblag. Die Kantone konnten sich allerdings bereits in einem frühen Planungsstadium im Rahmen eines Vernehmlassungsverfahrens zur Linienführung der generellen Projekte äussern.

3.3.1 Die Entstehung des Nationalstrassennetzes

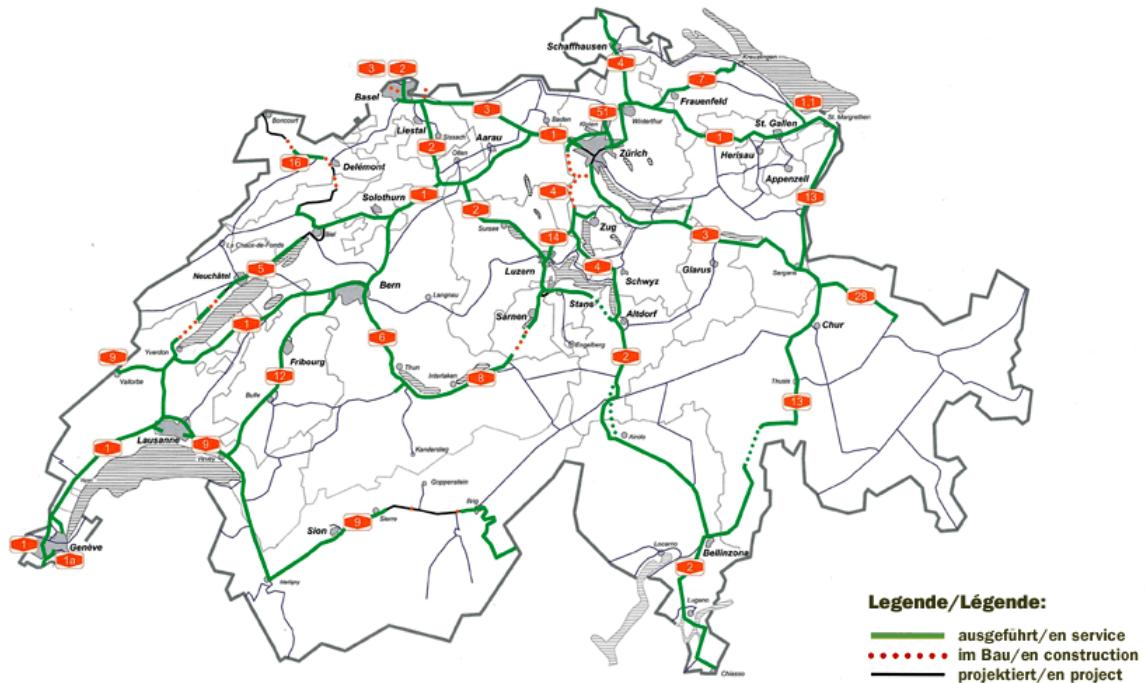
Die Planung des Schweizerischen Autobahnnetzes ist unter Einbezug der oben beschriebenen gesetzlichen und politischen Rahmenbedingungen zu verstehen. Sie geht auf die Jahre 1954 bis 1958 zurück und wurde von der Bundesversammlung am 21. Juni 1960 beschlossen, wobei Betrieb und Unterhalt den Kantonen überlassen wurde (siehe Ackermann, 1992). Als wissenschaftliche Planungsgrundlage und Legitimation für den Netzentwurf dient die Theorie der Zentralen Orte nach Christaller: „Die zentralen Orte in ihrer stufenmässigen Unterscheidung lassen sich nun vorzüglich als Knotenpunkte zur Bildung eines schematischen, funktionellen Strassennetzes benützen“ (EDI, 1958, 58).

Ein Hauptdiskussionspunkt war, ob ein eher rudimentäres und daher auch günstig zu erstellendes Kreuz (vergleichbar mit der Version B in Abbildung 5) oder ein komplexeres und teureres Autobahnnetz (wie sie Variante A in Abbildung 5 darstellt) erstellt werden soll. Erste Pläne von 1937 sahen vor, sich auf ein Kreuz mit einer Autobahn entlang Hauptverkehrsachsen durch das Mittelland (mit jeweils vertikal in die tiefe reichenden Erschliessungen) vom Genfer- bis zu Bodensee einerseits, und einer Nord-Süd Transversale von Basel über die Alpen nach Chiasso andererseits zu konzentrieren. Da ein solches Kreuz längst nicht alle, sondern vorrangig die wirtschaftlich starken Kantone einbeziehen würde und viele strukturschwache Regionen nicht profitieren konnten, bestand die Angst, dass so das ganze Projekt scheitern könnte, da sich die nicht tangierten Kantone benachteiligt fühlen würden. Abbildung 6 gibt das schweizerische Autobahnnetz wieder, wie es 2004 ausgestaltet wurde. Um die Zustimmung möglichst vieler Kantone zu sichern, sollte daher als Kompromiss ein Netz geplant werden, das ein Strassenkreuz (in etwa bestehend aus der heutigen A1 und A2) plus Ergänzungsstrecken erhalten sollte (vgl. Ackermann, 1992).

Wegen ähnlicher föderaler Strukturen und der Ausgestaltung des Netzes waren in der ersten Projektierungsphase die Autobahnplanung der USA Vorbild, in Europa, wegen der Grösse und Vergleichbarkeit des Landes und dem bereits weit fortgeschrittenen Bau, war es diejenige der Niederlande (Ackermann, 1992).

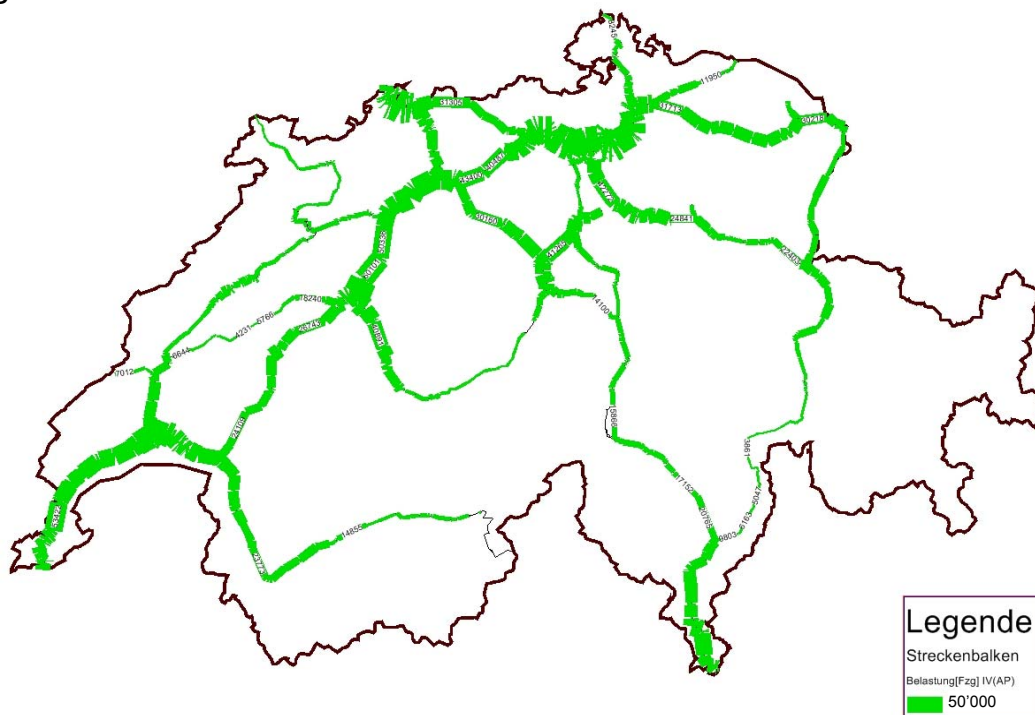
Abbildung 6 Das schweizerische Nationalstrassennetz: Stand 2004, Netzbelastung 2000

A



Quelle Abbildung 6A: Bundesamt für Strassen (ASTRA)

B



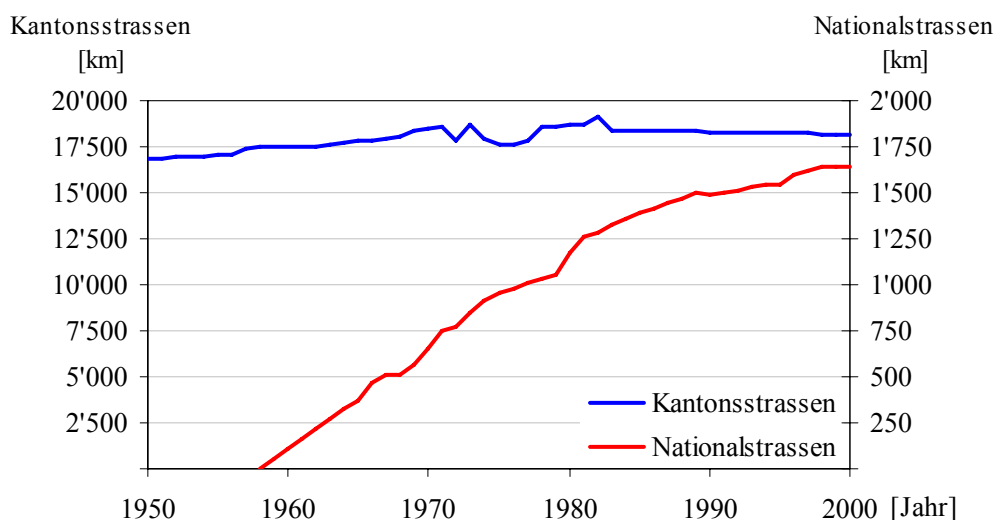
Das erste Teilstück, Genf-Lausanne, wurde 1963 eingeweiht. Heute umfasst das Netz einen Umfang von knapp 1'700 km. Die letzten Teilstücke (insbesondere die Zürcher Südumfahrung und Teilstücke der A16 im Kanton Jura, der A5 im Kanton Neuenburg oder der A9 im Kanton Wallis) sind im Bau. Die Eröffnungen der letzten Teilstücke sind für das Jahr 2018 vorgesehen.

Zusammenfassend ist die Ausgestaltung und der Bau des Nationalstrassennetz geprägt von:

- Einer starken Rücksichtnahme auf die Landesteile (keine Region soll, kein Kanton will zu kurz kommen)
- Kantonalen Interessen (eine erste Vernehmlassung zur Netzplanung wurde schon in der ersten Projektierungsphase durchgeführt)
- Einer kaum vorhandenen Regionalpolitik auf Bundesebene während Zeit der Planungsphase des Nationalstrassennetzes

Abbildung 7 gibt die seit Baubeginn des Nationalstrassennetzes sich vergrößernde Netzlänge wieder. Die Wachstumslinie des Nationalstrassennetzes weist eine konkave Form auf. Nach einem konstant starken Anstieg, nimmt die Kurvensteigung ab 1980 deutlich ab. Ab 1990 sind die Streckenzuwachse nur mehr marginal.

Abbildung 7 Entwicklung des Schweizer Strassennetzes



Quelle: Statistisches Jahrbuch der Schweiz (div. Jahrgänge), enthalten in Gätzi (2004)

3.4 Die Schieneninfrastrukturpolitik

Auch die Schieneninfrastrukturpolitik ist unter den Vorgaben der Verfassung zu dezentraler Besiedelung und zur Eindämmung räumlicher Disparitäten zu verstehen. Ein Eisenbahngesetz wurde, obwohl das Netz bereits früher geplant wurde, erst 1872 implementiert. Über die Funktion der Eisenbahn als Mittel der räumlichen Erschliessung gibt der vierte Abschnitt des Eisenbahngesetzes zu Planung, Bau und Betrieb Auskunft:

Die Bahnanlagen und Fahrzeuge sind nach den Anforderungen des Verkehrs, des Umweltschutzes und gemäss dem Stande der Technik zu erstellen, zu betreiben, zu unterhalten und zu erneuern. Die Bedürfnisse mobilitätsbehinderter Menschen sind angemessen zu berücksichtigen (Eisenbahngesetz, 1957: Art 17.1)

Die Eisenbahn wurde schon früh als Mittel zur Beeinflussung räumlicher Strukturen angesehen. Kaspar, 1976, 65, schreibt: „Die Zielsetzung der Eisenbahnpolitik hat sich bezüglich des Zielinhalts nach der durchgreifenden Wandlung der Marktposition der Eisenbahn durch den Verlust des faktischen Monopols, von der gesetzgeberischen Lockerung gewisser gemeinwirtschaftlicher Auflagen abgesehen, kaum verändert. Die Eisenbahnpolitik ist insbesondere seit dem Eisenbahngesetz von 1872 in den Dienst der Staats- und Wirtschaftspolitik gestellt worden, um der Gesamtheit des Landes zu dienen. ...Mittels der konzessionierten Eisenbahnen des allgemeinen Verkehrs wurde versucht, den Interessen der föderalistischen Staatsstruktur entgegenzukommen und die dezentralisierte Entwicklung noch weiter auszubauen“

3.4.1 Charakteristika des Schweizerischen Eisenbahnnetzes

Das Schweizer Eisenbahnwesen hebt sich im europäischen Vergleich durch verschiedene Eigenschaften ab (Abbildung 8 zeigt den Ausbaustand des Eisenbahnnetzes im Jahr 2006); Kirchhofer, 2006, nennt deren zwei: Erstens existiert seit 1902, als eine Verstaatlichungsaktion nur rund die Hälfte aller Strecken erfasste, eine organisatorische Dualität: Neben den damals gegründeten Schweizerischen Bundesbahnen (SBB), dem weitaus grössten Unternehmen, bestanden weiterhin so genannte Privatbahnen, heute noch 43 an der Zahl. Zweitens verkehren gerade diese kleineren Gesellschaften, die aktienrechtlich konstituiert sind, sich inzwischen aber gleichfalls in staatlichem Besitz befinden, in peripheren, dünn besiedelten Regionen, wo kaum Renditen anfallen: Der Rückzug aus der Fläche, wie ihn andere Staaten nach 1950 aus Kostengründen energisch betreiben, hat in der Schweiz bisher nicht stattgefunden. Vielmehr investierte die öffentliche Hand, um Konkurse und Stilllegungen zu vermeiden, dauernd erhebliche Geldmittel. Auf diese Weise wurde auch im peripheren Raum die Bahn

gefördert und auch in entlegenen alpinen Gebieten immer weiter ausgebaut (so z. B. der 1982 erstellte Furkabasistunnel mit einer Länge von 15.4 km, oder der 1999 fertig gestellte Vereinatunnel mit einer Länge von 20 km).

Neben wichtiger partieller Ausbauten, wie dem Heiterbsbergtunnel (Eröffnungsjahr 1975), war der Ausbau des Eisenbahnnetzes in den letzten 30 Jahren geprägt durch die Implementierung des Taktfahrplanes (1982), der Erstellung der S Bahnsysteme mit den damit verbundenen Infrastrukturausbauten, vor allem in der Region Zürich im Jahr 1990, sowie der Inbetriebnahme der ersten Etappe der Bahn 2000 mit dem Fahrplanwechsel im Jahr 2004 (siehe dazu auch Wägli, 1998). Über die noch nicht finanzierten Teile von Bahn 2000, der NEAT (der Westast Lötschberg wird Ende 2007, der Ostast Gotthard voraussichtlich 2016 eröffnet), sowie über weitere Ausbauten wird im Dossier „Zukünftige Entwicklung der Bahnprojekte“ (ZEB) entschieden werden (siehe dazu auch UVEK, 2006).

Abbildung 8 Das schweizerische Eisenbahnnetz (SBB und Privatbahnen)



Quelle: SBB

3.5 Infrastrukturausbau und Reisezeitveränderungen am Beispiel des Unterengadins

Eine Möglichkeit, die direkten Auswirkungen des Ausbaus der Verkehrsinfrastruktur auf die Reisezeit graphisch darzustellen sind Isochronen. Isochronen sind Linien gleicher zeitlicher Entfernung von einem bestimmten Ort. Sie zeigen die Reisezeiten von einem bestimmten Punkt aus an, wobei jede Änderung des Farbtons den Übergang von einer Stunde Fahrzeit zur nächst weiteren zeigt.

Die grundlegend unterschiedliche Entwicklungsdynamik des Ausbaus der Verkehrsträger Schiene und Strasse lässt sich sehr schön anhand des sehr peripher gelegenen Unterengadins darstellen. Der IV und ÖV Isochronen ab Scuol im Vergleich über die verschiedenen Jahrzehnte (Abbildung 9 und 10) zeigen die massive Erweiterung der Aktionsräume während der letzten 50 Jahre.

Bei den Isochronenkarten des IV ist das zugrunde liegende Netz dasjenige der Strassen. Die Karten für den ÖV basieren auf dem Schienennetz, respektive auf dem Fahrplan. Die konzentrischen Kreise um den Bahnhof widerspiegeln den Radius welcher mit einer mittleren Geschwindigkeit von 6 km/h (Mix ÖV Nahverkehr/Fussweg) in der Ebene (das Gelände wird hier nicht berücksichtigt) zurückgelegt werden kann (siehe Kapitel 6 für die zugrunde liegenden digitalen Verkehrsnetze).

Bei der Betrachtung der Isochronen des IV (Abbildung 10) zeigt sich, dass sich die Erschliessung der Gebiete im Norden, also im Mittelland besser entwickelt hat als im alpinen Raum. 1950 lag erst Zürich innerhalb von 3 Stunden Reisezeit von Scuol, im Jahr 2000 waren auch Bern und Basel in derselben Zeit erreichbar.

Während beim IV in erster Linie der Bau der Alpenstrassen und, später, des Nationalstrassennetzes Grund für die erweiterten Aktionsräume ist, fällt beim ÖV zunächst weniger die Verbesserung der Netzstruktur ins Gewicht, als vielmehr die Verdichtung der Fahrpläne mit den verbesserten Abstimmungen an den Knoten. Gerade im Fall von Scuol sind die Verbesserungen allerdings marginal. Die ÖV Reisezeiten blieben während Jahrzehnten konstant und haben sich erst mit der Eröffnung des Vereinatunnels markant verkürzt.

Generell fällt die massive Überlegenheit des Individualverkehrs bezüglich der Aktionsradien bei gleichem Zeitaufwand auf, was ja schlussendlich einer der Gründe für die Marktanteile, welche die Verkehrsträger (ÖV/IV) heute halten.

Abbildung 9 ÖV Isochronen ab Scuol 1950-2000

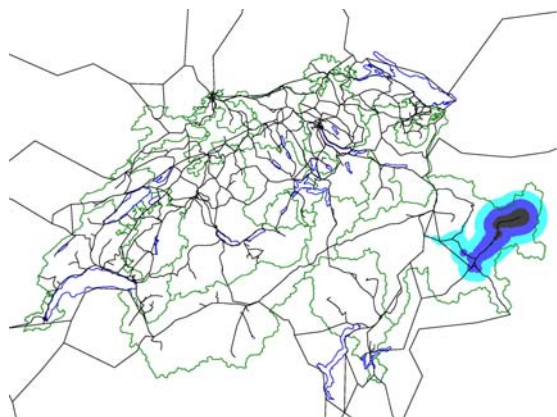
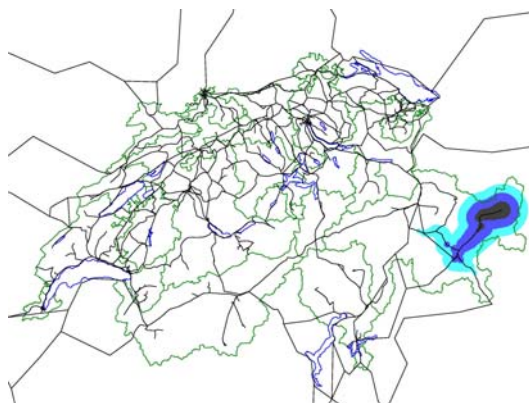
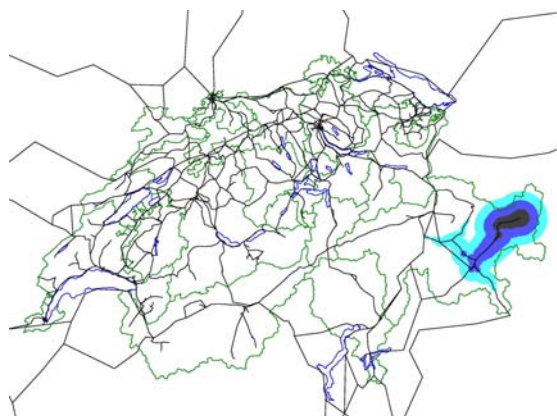
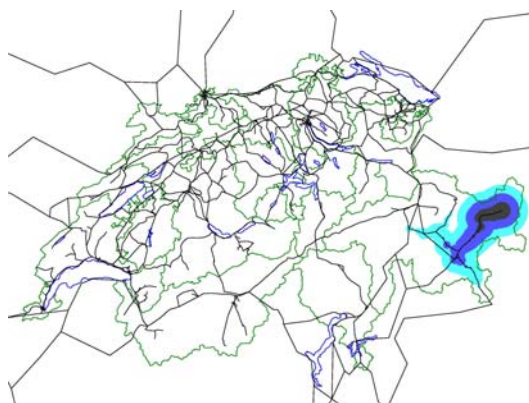
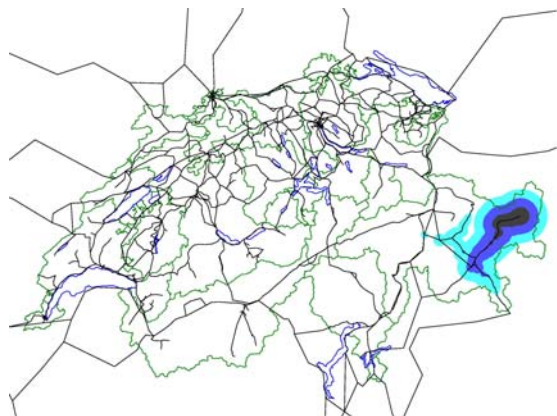
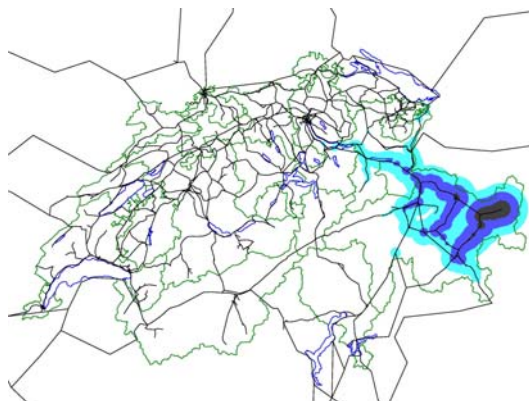
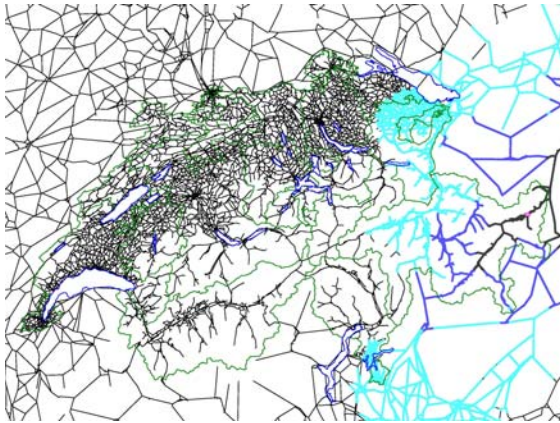
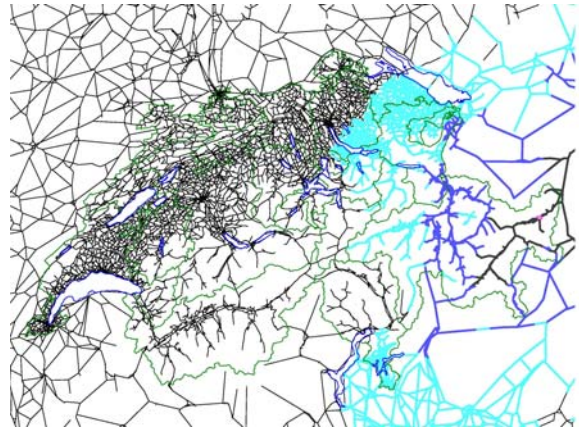
1950**1960****1970****1980****1990****2000**

Abbildung 10 IV Isochronen ab Scuol 1950-2000

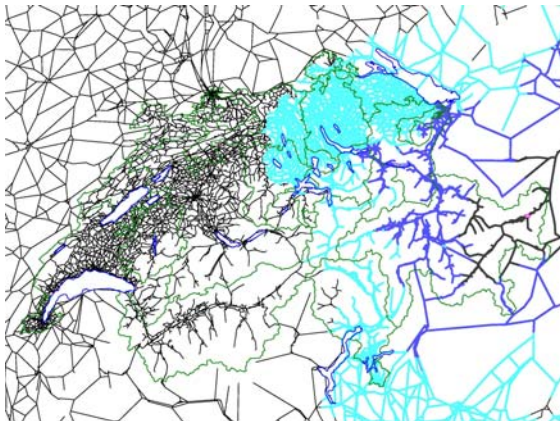
1950



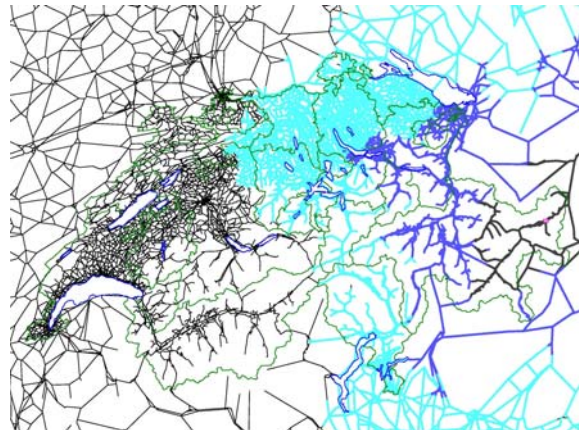
1960



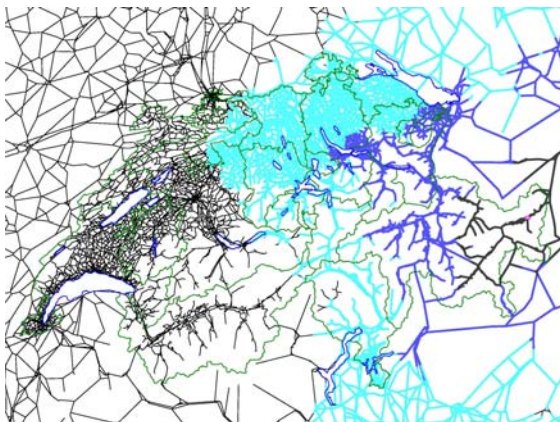
1970



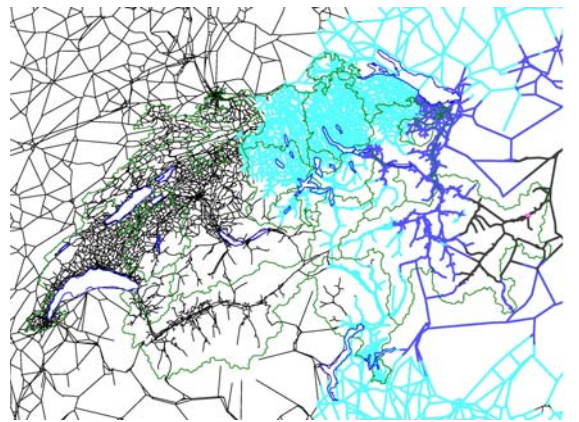
1980



1990



2000



3.6 Zusammenfassung

Eine eindeutige kohärente Schweizerische Verkehrspolitik, welche alle Verkehrsträger, wie auch Aspekte der Raumplanung einbezieht, war lange Zeit nicht existent. Auch existierte eine integrierte Planung von Verkehr und Raum auf Bundesebene nur in Ansätzen. Im ambitionierten Projekt der Gesamtverkehrskonzeption Schweiz (GVK) wurde der Raumbezug zwar durchaus berücksichtigt, dieser fand aber in der Formulierung der abschliessenden 40 Thesen keinen Eingang mehr (siehe Häefeli, 2006). Erst durch das Inkrafttreten des Raumplanungsgesetz 1979 wurde mittels Vorgaben auf Gesetzes- und Verordnungsstufe und den sich daraus ergebenden Sachplänen ein Auftrag zu einer integralen Planung gesetzlich verankert. Diese soll mit dem neuen Bundesgesetz zur Regionalpolitik weiter gefestigt werden.

Die Entwicklung der schweizerischen Haupt- und Nationalstrassennetze, sowie der Eisenbahninfrastruktur sind in hohem Masse geprägt von der Topographie, den weit ausgebauten Mitspracherechten des Souveräns und den daher ins Gewicht fallenden Partikularinteressen der Regionen und Akteure. Trotz mehrfacher Bemühungen war es so auch nie möglich, eines der ausgearbeiteten Planungskonzepte wirklich implementieren und konsequent umsetzen zu können. Statt im Interesse des Gemeinwohls das Bevölkerungswachstum in geeigneten Räumen zu konzentrieren und damit günstige Voraussetzungen für den rationellen Bau und Betrieb der technischen Infrastruktur und für eine haushälterische Nutzung des Bodens zu schaffen, wurden vor allem die Wünsche einzelner Regionen und Gemeinden sowie von Grundeigentümern nach einem möglichst grossen Anteil am Bevölkerungswachstum befriedigt (siehe Tschopp et al., 2003). So schreibt denn auch Lendi, 2003, 5: „Das Charakteristische an der schweizerischen Verkehrspolitik ist also der Einbezug der Öffentlichkeit. Der im europa- und weltweiten Vergleich überaus hohe Anteil des öffentlichen Verkehrs am Gesamtverkehrsaufkommen – ohne dass darüber der Privatverkehr, mit Einschluss des Individualverkehrs, vernachlässigt würde! – dürfte eine direkte Folge davon sein“. Die Folgen davon sind dichte, teure aber erst spät entstandene (Nationalstrassen-) Netze. Auch die Eisenbahn konnte sich in der Schweiz eher spät durchsetzen (siehe Frey und Vogel, 1997), wurde dann aber mit einer im europäischen Vergleich beispiellosen Konsequenz ausgebaut und gefördert. Allerdings relativieren sich die Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur als massgebende Komponenten einer Regionalpolitik, wenn sie im Kontext der gerade in der Schweiz sehr stark ausgebauten Transferzahlungen betrachtet werden.

Die direkten Transferzahlungen, wie auch die indirekten Geldflüsse in periphere Gebiete, finanziert durch die verschiedenen Sachpolitiken sollen im analytischen Teil der Arbeit erinnern, dass es neben den Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur weitere, weitgreifende Tätigkeiten auf Bundes- und Kantonsebene gibt, welche sich in hohem Masse auf die räumlichen

Strukturen auswirken können.

Ob die in der politischen Realität formulierten verkehrspolitischen Ziele die gewünschte Wirkung in Bezug auf Anbindung und Erreichbarkeit und somit auf die von der Verfassung gewünschte Eliminierung von Wohlstandsgefällen zwischen den verschiedenen Regionen der Schweiz zu entfalten vermögen ist mitunter Untersuchungsgegenstand des empirischen Teils dieser Arbeit.

4 Die Erreichbarkeit und ihre Messung

Die vorangegangenen Kapitel haben gezeigt, dass ökonomische Aktivitäten sich räumlich unterscheiden und dass Lage und Zugang zur Verkehrsinfrastruktur für Standortentscheidungen der Einwohner und Unternehmen relevant sein können. Auch die Politik erachtet eine angemessene Erreichbarkeit als unabdingbar, damit die regionalen Disparitäten nicht weiter zunehmen.

In diesem Kapitel geht es um die Frage, wie die Nutzenveränderungen für die Gesellschaft, welche aus dem Ausbau der Verkehrsinfrastruktur hervorgeht, gemessen und quantifiziert werden können. Ein möglicher Ansatz zur Operationalisierung des Nutzens veränderter Verkehrsnetze ist die Anwendung des Konzeptes der Erreichbarkeit. Erreichbarkeit ist eine Funktion der Landnutzungsmuster und des Transportsystems (Morris et al. 1979). Bereits für Von Thünen oder Christaller war die Mobilität als Mittel zur Überwindung von Raumwiderständen (und somit die Erreichbarkeit) eine zentrale Variable um die verschiedenen Arten der Raumnutzung und der sich daraus ableitenden räumlichen Interaktionen zu erklären. Es wird in der Folge die Definition der Erreichbarkeit, wie sie in dieser Arbeit verwendet wird, hergeleitet und die dafür getroffenen Annahmen diskutiert. Schliesslich folgt ein Abschnitt, welcher die Bedeutung der Erreichbarkeit aus mikroökonomischer Sicht erklärt.

4.1 Definitionen der Erreichbarkeit

Hansen definiert die Erreichbarkeit als das Potential an Möglichkeiten zur Interaktionen (siehe Hansen, 1959). Damit aber eine Interaktion zwischen zwei Punkten im Raum stattfinden kann, muss der Raum überwunden werden. Diese Raumüberwindung wird üblicherweise mit Verkehr in Verbindung gebracht. Unter Erreichbarkeit im engeren Sinne wird deshalb oft auch die Qualität eines Standortes verstanden, die sich aus seinen verkehrlichen Beziehungen zu anderen Standorten ergibt (Bleisch, 2005).

Doch um welche Interaktionen geht es? Für wen ist was und wie und wo erreichbar? Diese Fragen zeigen, wie sich Erreichbarkeit je nach Nutzer und Fahrzweck, und somit nach den einbezogenen Standortfaktoren unterschiedlich ausprägen kann. Die Erreichbarkeit ist somit immer in Bezug gestellt zu den relevanten Akteuren (Menschen, seien es Einwohner, Arbeitnehmer, Bevölkerungsgruppen z. B. nach bestimmten Altersklassen), welche bestimmte Aktivitäten im Raum ausüben, sei es Wohnen, Arbeiten, Bildung, Konsum oder auch Freizeit (Standortfaktoren). Je nach Akteur, respektive seinen Aktivitäten können so verschiedenste,

gruppenspezifische und aktivitätenspezifische Erreichbarkeiten errechnet werden.

Nach Geurs, 2006, existieren vier Typen von Erreichbarkeiten:

1. Infrastrukturbasierte Erreichbarkeit, welche den „Level of Service“, z. B. Taktfrequenzen repräsentiert.
2. Ortsbasierte Erreichbarkeit, sie gibt das Niveau der Erreichbarkeit zu räumlich verteilten Aktivitäten an. Generell kann darunter die Anzahl der Möglichkeiten für das ökonomische oder soziale Leben verstanden werden, welche mit vertretbarem, dem Zweck entsprechenden Aufwand zugänglich sind (z. B. die Anzahl der Arbeitsplätze, welche innerhalb 30 Minuten Fahrzeit erreichbar sind; siehe 4.2 und 4.3).
3. Die personenspezifische Erreichbarkeit wurde in der Raum-Zeit Geographie von Hägerstrand (1970) erstmals verwendet. In der Raum-Zeit Geographie wird die Erreichbarkeit vom Gesichtspunkt eines Individuums her, mit seinen spezifischen räumlichen und zeitlichen Vorgaben und Einschränkungen gemessen. Dieser Ansatz wird selten verwendet, gewinnt aber in jüngerer Zeit im Zusammenhang mit Verkehrsverhaltensforschung schnell an Bedeutung (siehe Bhat und Koppelman, 1999, oder auch Miller, 2005).
4. Die nutzenbasierte Erreichbarkeit misst den ökonomischen Nutzen, welchen Individuen vom Zugang zu räumlich verteilten Aktivitäten erlangen. Dieser Ansatz bezieht sich dabei auf die diskreten Nutzenmodelle und die mikroökonomische Theorie der Nutzenmaximierung. Nutzenbasierte Erreichbarkeit ist eng mit der ortsbasierten Erreichbarkeit verwandt (siehe dazu 4.5.2).

In der vorliegenden Arbeit wird die Erreichbarkeit nach dem zweiten Typus, der ortsbasierten Erreichbarkeit, definiert.

4.2 Das Gravitationsmodell

Ein erster Ansatz zur Messung der ortsbasierten Erreichbarkeit ist das Gravitationsmodell. Dieses wurde anhand der Interaktionen zwischen zwei Orten erstmals von Stewart, 1947, folgendermassen formuliert:

$$T_{ij} = k \frac{P_i P_j}{d_{ij}} \quad (2)$$

In Analogie zum Newton'schen Gravitationsmodell entspricht T_{ij} demnach der Kraft zwischen zwei Massen P_i und P_j , welche mit zunehmender Distanz d_{ij} zwischen P_i und P_j abnimmt. Je grösser nun diese Massen sind, desto grösser die zwischen ihnen resultierende Kraft. Auf die Erreichbarkeit von Orten abgeleitet, entspricht demnach T_{ij} der Anzahl Wege zwischen Ausgangspunkt i und Ziel j , P_i und P_j repräsentieren die Grössen des Ausgangsortes i und des Zielort, z. B. die Bevölkerungsgrössen.

Stewart fand starke Korrelationen zwischen den beobachteten Variablen Verkehr, Migration und Handel und Kommunikation zwischen zwei Orten, basierend auf dem Produkt der Bevölkerungsgrössen und umgekehrt proportional zu ihrer quadrierten Entfernung (siehe Brakman et al., 2001). Als Beispiel berechnet Brakman einen negativen Zusammenhang zwischen der Entfernung der Handelspartner und der exportierten Menge an Handelswaren. 52 % der Variation der Exportflüsse aus Deutschland können so erklärt werden. Die Stärke der Handelsströme scheint also von deren Transportdistanz abhängig zu sein, sie nimmt mit zunehmender Entfernung langsam ab.

Beim Gravitationsmodell wird also von zwei grundlegenden Annahmen ausgegangen, welche intuitiv einleuchten:

1. Je mehr Attraktivität ein Zielort ausstrahlt, umso grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Bedürfnisse am Zielort befriedigen lassen.
2. Je kleiner der Aufwand um ein Ziel zu erreichen, umso bedeutender ist der Nutzen dieses Ziels. (Bleisch, 2005)

4.3 Vom Gravitationsmodell zum Potential

Steward (1947) sowie Steward und Warntz (1958) entwickelten die Idee des Gravitationsgesetzes weiter zu einem umfassenden System der „Sozialen Physik“. Dabei wird nicht mehr nur jeweils die Interaktion eines Städtepaars berechnet, sondern es wird der Einfluss sämtlicher Ortschaften und Städte j in einem betrachteten Perimeter berücksichtigt (nach Bodemann, 2006). Um die Erreichbarkeit zu beschreiben wird in diesem Forschungsprojekt dieser, auch als Potentialansatz bekannte Ansatz verwendet. Die Erreichbarkeit wird demnach definiert wie in Geurs, 2006, 201:

“...the extent to which the land-use transport system enables [groups of] individuals or goods to reach activities or destinations by means of a [combination of] transport mode[s].”

Der Potentialansatz ist eine gängige Methode, die Erreichbarkeit zu berechnen (siehe z. B. Kesselring et al., 1982). Der Potentialansatz impliziert, dass die Attraktivität eines Ortes j mit den Attraktivitätspunkten A_j einen Nutzen E in Ort i ergibt, welcher mit einer Funktion $f(c_{ij})$ über die Distanz zwischen i und j gewichtet wird und somit (analog zum Gravitationsmodell) mit zunehmenden Kosten der Raumüberwindung abnimmt:

$$E_{ij} = A_j * f(c_{ij}) \quad (3)$$

Die summierte (gesamthafte) Attraktivität eines Ortes i errechnet sich aus der Summe aller Teilattraktivitäten E_{ij} (entsprechend den Attraktivitätspunkten A_j aller einbezogenen Orten j)

$$E_i = \sum_j E_{ij} = \sum_j A_j * f(c_{ij}) \quad (4)$$

Lill, 1889, hat mit seinem Reisegesetz schon früh erkannt, dass sich die Attraktivität eines Ziels B von Punkt A aus umgekehrt exponentiell zu den Kosten zur Überwindung der Strecke zwischen A und B verhält. Die Gewichtungsfunktion $f(c_{ij})$ wird also durch eine Exponentialkurve beschrieben, so dass sich der Wert der Erreichbarkeit folgendermassen berechnen lässt:

$$E_i = \sum_{j=1}^{J=\max} A_j * \exp(-\beta * c_{ij}) \quad (5)$$

E_i	Erreichbarkeitsmass in Punkt i (Potential)
A_j	Anzahl Aktivitätspunkte (z. B. Bevölkerung) in der Gemeinde j
c_{ij}	Kosten der Raumüberwindung (ÖV oder IV) zwischen der Gemeinde i und der Gemeinde j
β	Distanz-Gewichtungsfaktor (Kann einen Wert zwischen 0 und 1 annehmen. Er beschreibt eine Halbwertszeit der generalisierten Kosten, bei welcher die Attraktivität nur noch die Hälfte des Wertes mit $c_{ij} = 0$ beträgt (siehe für die Annahmen der vorliegende Arbeit Abschnitt 8.1.1))

Die Erreichbarkeit (jetzt Potential) kann nun als Operationalisierungskonzept für die Raumüberwindung verstanden werden. Das Potential gibt dabei die Summe der Standortfaktoren am Ort i selbst sowie in den umliegenden Orten j wider. Die Standortfaktoren in den Orten j sind jedoch umso weniger bedeutsam, je weiter weg sie von i liegen. Die Standortfaktoren werden also mit dem Distanz-Gewichtungsfaktor β (Aufwand der Akteure zur Überwindung des Raumes) über die ökonomische Distanz diskontiert. Die ökonomische Distanz kann als

Zeitkosten (Kosten der benötigten Reisezeit, Opportunitätskosten), oder als monetäre Kosten beschrieben werden.

Der Ansatz, die Erreichbarkeit als Potential zu definieren, wurde zuerst von Hansen (1959) verwendet (vgl. 4.1). Die als Potential definierte Erreichbarkeit ist des weiteren ein Äquivalent für den Nutzen aller möglichen Alternativen eines Ziel- und Routen- (Verkehrsmittel) wahlmodels (Williams, 1977; Ben-Akiva und Lerman, 1985) und ist daher ein Mass für die Dienstleistungen, welche von den ÖV- und IV- Systemen angeboten werden (siehe dazu Kapitel 4.5.2). Für die in dieser Arbeit getroffenen Berechnungsgrundlagen zum Potential siehe Kapitel 4.4, 6.2 und 6.4.

4.4 Annahmen zur Potentialberechnung

Wie oben gesehen, setzt sich das Potential aus den drei Komponenten Aktivitätspunkte, Raumüberwindung und Gewichtung des Distanzwiderstandes zusammen. Um die Erreichbarkeit zu errechnen bedarf es grundlegender Annahmen zu diesen einzelnen Teilkomponenten. Die für vorliegende Arbeit angenommenen Annahmen werden in der Folge im Detail besprochen.

4.4.1 Annahmen zu den Kosten der Raumüberwindung c_{ij}

Der Aufwand um den Raum überwinden zu können, kann mit den dafür notwendigen Transportkosten oder der benötigten Reisezeit ausgedrückt werden. Unmittelbar nach dem zweiten Weltkrieg haben in erster Linie die gesunkenen Reisekosten (relative Kosten am Haushaltsbudget, v. a. Fixkosten für ein Automobil) zu stark verbesserter Mobilität weiter Teile der Bevölkerung geführt. Je kleiner nun der Anteil der Mobilitätskosten an den Gesamtausgaben wurde, umso wichtiger wurde die Reisezeit als massgebende Grösse für die Ziel- und Wohnortwahl der Bevölkerung. In vorliegender Arbeit werden deshalb die Kosten der Raumüberwindung anhand der Reisezeit errechnet.

Für eine möglichst feine Potentialberechnung wäre es ideal, wenn die Reisezeiten von der Quelle zum Ziel (Tür zu Tür) gemessen werden könnten, da dies eine feinstmögliche Berechnung der spezifischen Reisezeit der einzelnen Individuen ermöglichen würde. Wegen dem damit zusammenhängenden äusserst grossen Rechenaufwand ist dies technisch allerdings nicht möglich. Auch sind die vorhandenen Daten nicht fein genug (Fröhlich, 2003). Daher wird das Untersuchungsgebiet in Zonen aufgeteilt, das Potential so auf einer aggregierten Ebene errechnet. Die Reisezeiten werden von Mittelpunkt zu Mittelpunkt jeder Zone gemessen.

Diese Zonen entsprechen generell den Gemeindeperimetern. In den fünf grössten Metropolzentren Zürich, Basel, Bern, Lausanne und Genève dagegen entsprechen die Zonen den verschiedenen Stadtquartieren (z. B. Stadtkreise in Zürich).

Für den Beschrieb der digitalen Strassen- und ÖV Netze, sowie zu den Annahmen zu den Anbindungen der Zonen und den Geschwindigkeiten zwischen den Zonen siehe Kapitel 6.2.

4.4.2 Annahmen zu den Aktivitätspunkten A_j

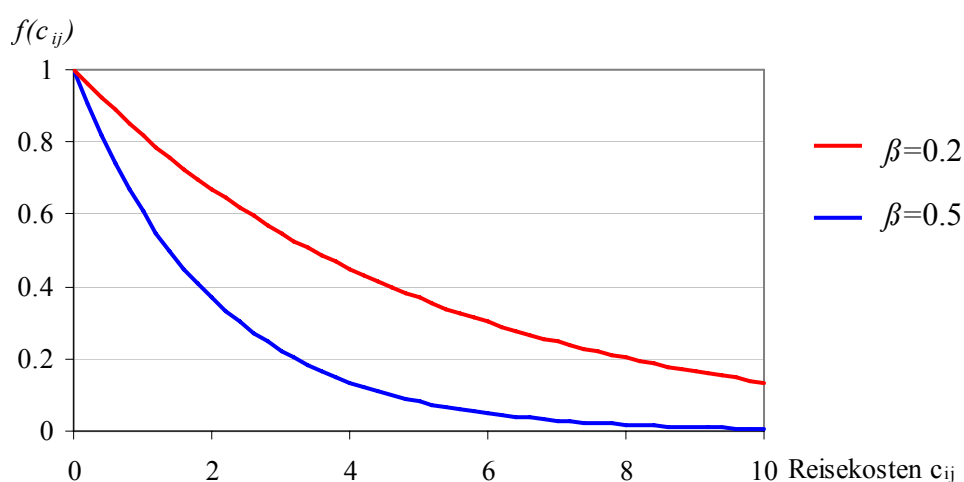
Gemäss Dalvi, 1979, existieren keine theoretischen Grundlagen zur Auswahl des richtigen Attraktivitätsmasses A . Die Wahl eines bestimmten Masses an den einbezogenen Punkten j unterscheidet sich demnach je nach Fragestellung. Die Auswahl der Attraktionsmasse A an den einbezogenen Punkten j ist also nicht eindeutig; Ziel ist aber, das empirisch beobachtete Verhalten richtig abzubilden (Bleisch, 2005). Die von jedem einzelnen Akteur (und somit subjektiv) wahrgenommene Attraktivität lässt sich allerdings nicht als separate Variable einzeln beobachten. Wichtig ist gemäss Bleisch, 2005, dass die Attraktionsmasse A je nach Fragestellung problemspezifisch definiert wird. Die Bedürfnisse der Individuen (Tätigkeiten, Interaktionen, Bedürfnisse im Raum) sind allerdings sehr heterogen und folge dessen ist es nicht einfach, eine objektive Bewertung der Attraktivität eines Zielortes vorzunehmen. Die Variablen zum Beschrieb der Aktivitätspunkte A_j müssen also dergestalt gewählt werden, dass sie die subjektiv wahrgenommene Attraktivität eines Zielortes von möglichst weiten Teilen der Bevölkerung abbilden können. Die Theorie (vgl. z. B. Aschauer, 1989) zeigt, dass Veränderungen der Verkehrsnetze, der Erreichbarkeit punkto räumlicher Strukturen in erster Linie demographische und ökonomische Auswirkungen haben. Die wohl wichtigste Variable in einem stark aggregierten Modell der Raumstruktur ist die Bevölkerung per se, gehen doch aus der Ansiedlung und dem Wegzug der Bevölkerung alle vor- und nachgelagerten soziodemographischen und ökonomischen Prozesse hervor. Für die Regionalpolitik sieht auch Kesselring (Kesselring et al., 1982) Einwohner und Arbeitsplätze nach Arbeitsmarktsektoren als besonders wichtige Ansatzpunkte für die Quantifizierung der Auswirkungen von Erreichbarkeitsveränderungen. Es werden für vorliegende Fragestellung zwei Standortfaktoren als Masse verwendet: Bevölkerung und Arbeitsplätze, diese nach den Sektoren 2 und 3 aufgeteilt. Diese Variablen sind die primären Grössen um das Pendelverhalten der Bevölkerung verstehen zu können. Auf diese Weise wird je ein Potential für die Bevölkerung, für Arbeitsplätze des 2. und 3. Sektors und dies je für die Reisezeit zur Raumüberwindung mit dem IV und dem ÖV errechnet. Das Attraktivitätsmass (z. B. Anzahl Einwohner) wird dabei auf den Mittelpunkt (Schwerpunkt), welcher an die Verkehrsmodelle angeschlossen ist, jeder Zone konzentriert.

4.4.3 Annahmen zum Distanz-Gewichtungsfaktor β

Der Distanz-Gewichtungsfaktor β kann als eine Widerstandsfunktion verstanden werden, welche den Kosten zur Raumüberwindung entsprechen soll. Die je nach Fragestellung (Art der Aktivitäten im Raum, Grösse und Lokalität des Untersuchungsgebietes, Art des benutzten Verkehrsmittels) adäquate Schätzung des Distanz-Gewichtungsfaktors, welcher die Wahl der Reiseziele der Individuen abbildet, ist für die Berechnung der Erreichbarkeit von fundamentaler Bedeutung (Fröhlich und Axhausen, 2002).

Wegen den in früheren Jahrzehnten limitierten Möglichkeiten zur Überwindung des Raumes (technisch: Motorisierung, Ausbau und Zustand der Infrastruktur; finanziell: höhere Anteile der Reisekosten am Globalbudget eines Haushaltes, im Verhältnis zu den anderen Haushaltsbudgetkategorien, wie Wohnen und Lebenshaltungskosten, siehe auch 4.4.1), wird davon ausgegangen, dass der Exponent β in früheren Jahrzehnten höhere Werte aufwies als heute. Die tieferen Werte für β widerspiegeln sich folglich direkt im Pendelverhalten (längere Arbeitswege) der Individuen, der Erschliessung neuer Wohnorte (Suburbanisierung), wie auch etwa in der veränderten Freizeitgestaltung. Auch variiert der Distanz-Gewichtungsfaktor je nach Grösse des Untersuchungsgebietes, sowie nach der Art der darin stattfindenden Interaktionen (Art des Zieles, Art der Aktivität; auch wird er sicher nach Art des genutzten Verkehrsmittels variieren).

Abbildung 11 Gewichtungsfunktion $f(c_{ij})$



Die relevanten Werte für β für verschiedene Jahrzehnte, Regionen oder unterschiedliche Aktivitäten sind zum heutigen Zeitpunkt allerdings noch nicht eingehend genug erforscht. Die Bandbreite der Werte des Exponenten β erstreckt sich von 0.5 auf einem regionalen Untersu-

chugspereimeter (Simm et al., 2001) bis zu 0.01 für alle Interaktionen auf kontinentalem Niveau, wie Westeuropa oder USA (Schürmann et al., 1997). Der Wert für β für die Schweiz wurde für 1960 und 1970 auf 0.2 geschätzt (Schilling, 1973) und auch neuere Literatur geht für ähnliche Fragestellungen von Werten für β in dieser Grössenordnung aus (Fröhlich und Axhausen, 2002). Siehe für die Diskussion der unterschiedlichen Werte des Exponenten β z. B. Kwan, 1998.

Der Distanz-Gewichtungsfaktor β wird daher in vorliegender Arbeit für die Berechnungen konstant über alle in die Untersuchung einbezogenen Jahrzehnte mit 0.2 angenommen. Es ist wichtig zu verstehen, wie sich das Potential bei verschiedenen β verändert. Abbildung 11 zeigt den unterschiedlichen Verlauf der Gewichtungsfunktion für die Werte $\beta=0.2$ bzw. $\beta=0.5$.

4.5 Die Weiterentwicklung des Potentialmodells

Das Hauptproblem des Potentialmodells mit der Idee, dass räumliche Interaktionen einzig auf Newtons Gravitationsansatz basieren, ist, dass es kaum theoretisch begründbar ist. Fotheringham et al., 2000, attestieren zwar, dass das Modell ziemlich akkurate Schätzungen räumlicher Ströme ermöglicht, bemängelt aber, dass das Gravitationsmodell als solches jeglicher theoretischer Grundlage entbehrt, um das Verhalten der Individuen im Raum erklären zu können. Daher wurde als Reaktion anfangs der 1970er Jahre versucht, Modelle zur Erklärung räumlicher Interaktion zu entwickeln, welche mehr aufgrund des Verhaltens begründet waren. In der Folge werden zwei dieser Ansätze besprochen.

4.5.1 Entropiemaximierungsmodelle

Mit der Entropie wird ein Rahmen für räumliche Interaktionsmodelle bereitgestellt. Basierend auf dem Ansatz der statistischen Mechanik befasst sich die Entropie mit der Findung des Wahrscheinlichkeitsgrades eines endgültigen Status eines Systems (Torrens, 2000). Wilson, 1967, leitet einen aus der statistischen Mechanik stammenden theoretischen Rahmen her, um das räumliche Verhalten zu erklären. Er überlegte sich eine Verkehrsstrommatrix (*flow matrix*), in dem er die Anzahl der Individuen welche sich zwischen einem Start- und einem Zielpunkt bewegen als *macrostate* des Systems bezeichnet (nach Richter, 1998). Dieser *macrostate* ist das Produkt vieler individueller *microstates*, welche die einzelnen Individuen beschreiben. Um dazu ein mathematisches Modell der räumlichen Flüsse zu formulieren, geht es Wilson in diesem Kontext darum, denjenigen *macrostate* zu finden, welcher von der grössten An-

zahl *microstates* gebildet werden kann (Fotheringham, 2000). Um diesen bestimmen zu können wird der Ansatz der Informationsentropie herangezogen. Wenn sodann ein Wert für die Entropie geschätzt ist, muss er unter den gesetzten Annahmen maximiert werden um aus einer unendlichen Anzahl die wahrscheinlichste Wegematrix zu identifizieren (Torrens, 2000). Das so gewonnene Organisiertheitsmass ist auf jede zweidimensionale Struktur anwendbar und trägt dazu bei, den Komplexitätsgrad und die Steuerbarkeit eines Systems und auch die Prognostizierbarkeit eines Systems zu quantifizieren (Richter, 1998). Die Innovation dieses Modells liegt darin, dass mit Wilsons Ansatz der Entropie der Verteilung eine Theorie der Ströme im Raum geliefert wird (siehe dazu Ortuzar und Willumsen, 2001).

4.5.2 Nutzenbasierte Erreichbarkeitsmessung

Wilson's Ansatz zur Modellierung von Verkehrsflüssen wurde um die diskreten Entscheidungsmodelle oder Logit Modelle (siehe dazu McFadden, 1981) erweitert. Die Nutzentheorie beruht auf der Entscheidung, eine diskrete Auswahl aus einer Auswahl von gleichberechtigten Alternativen zu wählen. Die auf der Nutzentheorie basierenden Erreichbarkeitsmessungen interpretieren Erreichbarkeit demnach als Ergebnis einer Auswahl von Transportalternativen. Im Gegensatz zur Potentialberechnung handelt es sich hier um eine mikroskopische Modellierung. Sie geht von einer statistischen Simulation von einzelnen Fahrten aus. Bei genügend grosser Stichprobe können die zu erwartenden mittleren Zustände des Verkehrsgeschehens näherungsweise beschrieben werden (Schnabel und Lohse, 1997).

Diese Modelle bieten die Möglichkeit, Entscheidungen zu Ziel- und Verkehrsmittelwahl eines jeden einbezogenen Individuums zu schätzen; sie gehen dabei von folgenden Annahmen aus: Die erste Annahme geht davon aus, dass jeder Entscheidungsträger mit einer (diskreten) Anzahl von Wahlalternativen konfrontiert ist. Die zweite nimmt an, dass ein Individuum eine bestimmte Alternative so auswählt, dass es den Nutzen im Vergleich zu den anderen (nicht gewählten) Alternativen maximieren kann. Die dritte Annahme geht davon aus, dass die vom Individuum getroffene Wahl einer gewissen Wahrscheinlichkeit unterliegt. Eine zusätzliche Annahme unterstellt, dass der Nutzen U einer solchen Entscheidung in zwei Teile aufgeteilt werden kann: in einen messbaren Teil V_i und einen Fehlerterm ε_i , welcher den Partikularinteressen jedes Individuums, also die unbeobachteten Attribute einer gegebenen Entscheidung widerspiegelt (Richter, 1998):

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

Auf die Ziel- und Routenwahl bezogen, können z. B. diejenigen Individuen, welche aus einer

Grundgesamtheit in betracht kommender Ziele ein bestimmtes (aufgrund der sich durch die spezifischen Attribute am Zielort einerseits und der Präferenz des Individuums andererseits ergebenden Nutzen) wählen, ermittelt werden (siehe dazu auch Torrens, 2000). Die Erreichbarkeit ergibt sich so aus dem logarithmierten Nenner (auch Logsum genannt) des multinominalen Logit Models. Der Logsum stellt dabei die Summe des erwarteten systematischen Nutzen aller möglichen Alternativen dar (Ben-Akiva und Lerman, 1985):

$$A_i = \ln\left(\sum_{k=1}^m e^{V_k}\right) \quad (7)$$

A_i	maximal zu erwartender Nutzen
V_k	Nutzen der Alternative k (beinhaltet Soziodemographie, Verkehrsvariablen, wie Reisekosten, und Zielattraktionen)
\ln	widerspiegelt dabei den abnehmenden Grenznutzen der Gesamtheit der Alternativen

Zu V_k : Der individuelle Nutzen der Alternative k ergibt sich aus der sich individuell unterscheidenden Attraktivität des Zielortes (entspricht auf der Makroebene den Aktivitätspunkten $\ln A_j$ in (5)), sowie aus dem sich individuell ergebenden Aufwand, um diesen Zielort zu erreichen (entspricht auf der Makroebene dem Aufwand zur Raumüberwindung, wie Reisekosten, d. h. $\beta \cdot c_{ij}$ in (5)). Während die Verkehrsinfrastruktur und ihr Ausbau im Potentialmodell explizite enthalten ist, ist sie im räumlichen Nutzenmodell über die sich verändernden Präferenzen und Ströme und somit der sich verändernden Nutzen, welche sich an den Aktivitätspunkten ziehen lassen, direkt impliziert.

4.6 Grenzen und kritische Bewertung des Potentialmodells

Der Potentialansatz der Erreichbarkeitsmessung hat neben allen erwähnten Vorteilen, die Infrastrukturausbauten zu quantifizieren, einige Nachteile. So wird bemängelt, dass die Ordnung der Alternativen für das Individuum als irrelevant angesehen wird. Auch wird die Möglichkeit der Individuen, z. B. zwischen einer innerstädtischen Einkaufsgelegenheit oder eines suburbanen Einkaufszentrums zu wählen, nicht in die Potentialberechnung einbezogen (siehe etwa Miller, 1999). Als grösster Schwachpunkt des Potentialmodells wurde, wie besprochen, lange Zeit das Fehlen einer theoretischen Grundlage genannt. Erst das mikroökonomische Erklärungsmodell mittels der diskreten Entscheidungsmodelle zur Messung der nutzenbasierten Erreichbarkeit liefert einen fundierten theoretischen Hintergrund (siehe dazu McFadden, 1981).

Obwohl sich die gravitationstheoretische und die nutzenbasierte Erreichbarkeitsmessung in ihrem argumentativen Aufbau unterscheiden, sind sie formal äquivalent (Bleisch, 2005). Für den Gravitationsansatz und das Potentialmodell ergibt sich somit eine mikroökonomische Grundlage.

Technisch ergeben sich bei der Errechnung der Erreichbarkeit diverse Probleme. Rietveld und Bruinsma, 1998, nennen folgende Hauptschwierigkeiten:

- Dimension der Erreichbarkeitsmessung, sowie Wahl und Abgrenzung der Knoten.
- Abgrenzung des Untersuchungsgebietes: Da Interaktionen über den Raum selten (nie) abrupt aufhören, sondern sich über die Distanz ausdünnen, ist die Abgrenzung eines Untersuchungsgebietes sehr problematisch.
- Behandlung der Inneren Erreichbarkeit: Aufgrund der Definition der Erreichbarkeit werden nur Interaktionen zwischen benachbarten Zellen (z. B. Gemeinden) einbezogen. Interaktionen innerhalb einer Zelle werden dagegen nicht berücksichtigt. Dies ist umso problematischer, je grösser eine solche Zelle ist.
- Annahmen zum Distanzgewichtungsfaktor: Der absolute Wert des Distanzgewichtungsfaktors spielt für die Erreichbarkeitswerte der in die Berechnung einbezogenen Raumpunkte eine grosse Rolle. Dieser kann aber nur eine Annäherung an die räumliche Verteilung der Interaktionsreichweiten der Individuen sein. Von der Tatsache ausgehend, dass die Akteure ihr räumliches Verhalten über die Dekaden verändert haben, muss angenommen werden, dass der Distanz-Gewichtungsfaktor nicht für alle Arten von Interaktionen im Raum und für jeden Zeitpunkt gleich gross sein kann. Auch wird er je nach Art der räumlichen Interaktion (Arbeitsweg, Freizeitaktivitäten etc.) divergieren.

Warum also die Wahl dieses Ansatzes? Um die Attraktivität von Regionen aufgrund diskreter Entscheidungsmodelle zur Zielwahl zu bewerten, müssten Befragungsstichproben dafür vorhanden sein. Die Fragestellung ist aber stark auf die historische Komponente, respektive auf die Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur ausgerichtet. Wohl existieren historische Verkehrsmodelle ab 1950 (siehe Fröhlich, 2003), aber keine *Revealed Preference* oder *Stated Preference* Befragungen für den gewählten Untersuchungszeitraum.

Das Potential misst also eine hypothetisch mögliche Interaktion zwischen den einbezogenen Aktivitätspunkten im Raum, während die Ziel- und Routenwahlmodelle die tatsächlichen Verkehrsströme quantifizieren.

5 Infrastruktur und räumliche Entwicklung – Forschungsstand der Empirie

Bis dahin wurde die Erreichbarkeit definiert und die schweizerischen Charakteristika raumprägender Infrastruktur und die Instrumente, mit welchen Bund und Kantone direkt und indirekt auf den Raum einwirken, beschrieben. In diesem Kapitel wird der empirische Forschungsstand zur Quantifizierung der Zusammenhänge zwischen Infrastruktur und Raum vorgestellt. Welche Effekte und Interaktionen können erwartet werden? Welche Vorgehensweisen und Methoden gibt es, um diese Zusammenhänge zu messen? Verschiedene Analysemethoden und die entsprechenden Forschungsergebnisse der dazu relevanten Arbeiten werden diskutiert. Die sich daraus erschliessenden Erkenntnisse werden zusammengefasst und daraus eine Hypothese für die sich in dieser Arbeit stellende Fragestellung aufgestellt.

5.1 Die empirischen Forschungsansätze im Überblick

Dieses Teilkapitel gibt einen Überblick über die verschiedenen Analysemethoden zur Abschätzung und Quantifizierung der Auswirkungen von Verkehrsinfrastruktur auf den Raum. Es geht immer um die Frage: Inwieweit kann die Raumentwicklung mit der Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur und somit der Erreichbarkeitsveränderung erklärt werden? Um darauf eine Antwort zu finden, müssen die in Kapitel 2.3 beschriebenen Wirkungszusammenhänge und daher die möglichen Auswirkungen von Verkehrsinfrastruktur auf den Raum erfasst und quantifiziert werden. Die so strukturierten Analysemethoden und die jeweiligen dazugehörigen Forschungsergebnisse werden diskutiert und mit entsprechenden existierenden Forschungsergebnissen veranschaulicht.

Rietveld und Bruinsma, 1998, unterscheiden die Analysemethoden schematisch (siehe Tabelle 3). Dabei wird zwischen Methoden mit und ohne Modellierung einerseits, und zwischen Methoden, in welchen aggregierte Daten und solchen in welchen disaggregierte Daten verwendet werden, andererseits unterschieden.

Tabelle 3 Methode zur Analyse von Infrastruktureinflüssen

Methode	Aggregierte Daten	Disaggregierte Daten
Modellierung	Produktionsfunktionsmodelle	<i>Stated choice models</i>
	Standortmodelle	<i>Revealed choice models</i>
	Gleichgewichtsmodelle	
	Transport-/Flächennutzungsmodelle	
Andere	Quasi-experimentelle Methoden	
	Expertengespräche und Interviews mit Unternehmen	

Nach Rietveld und Bruinsma (1998), modifiziert

In der historischen Entwicklung können die Methoden und Ansätze und somit die Diskussion der Auswirkungen von Verkehrsinfrastruktur auf die Raumstruktur und die verschiedenen Analysemethoden nach Phasen unterschieden werden. Banister und Berechman, 2000, unterscheiden zwischen dreien:

- ab 1800 Standorttheorien

Es handelt sich um Theorien und weniger um eigentliche Analysemethoden. Diese befassen sich mit der häufig deskriptiven Erklärung des Raums und seiner Struktur auch unter Einbezug der Verkehrsnetze. Dazu gehören die bereits in Kapitel 2 besprochenen Arbeiten von Thünen oder auch von Christaller.

- ab 1970 städtische und regionale Modelle

Diese Modellgeneration löst sich von der rein deskriptiven Erklärung und versucht die Standorte des Wohnens oder der Arbeitsplätze innerhalb von Regionen unter anderem nach ihrer relativen Erreichbarkeit quantitativ zu erklären. Vielfach wurde der Infrastrukturausbau anhand eines Fallbeispiels isoliert berechnet (z. B. die Eröffnung eines Autobahnabschnittes, eines Tunnels oder einer Umfahrungsstrasse). Dazu gehören *Location*- und Flächennutzungsmodellen, aber auch quasiexperimentelle Ansätze.

- ab 1990 Makroökonomische Ansätze

Der Fokus liegt jetzt nicht mehr bei den direkten Auswirkungen der Erreichbarkeit, sondern bei den Kapitalerträgen für die Bevölkerung und die Volkswirtschaft durch Investitionen in Infrastrukturanlagen. Diese Kapitalerträge werden anhand makroökonomischer Ansätze durch Produktionsfunktionsmodelle erfasst.

5.2 Modellierung mit disaggregierten Daten

Unter disaggregierten Daten werden Daten auf der kleinsten, feinstmöglichen Ebene verstanden. Es wird also z. B. das einzelne Individuum, der einzelne Haushalt oder die einzelne Firma in die Untersuchungen einbezogen.

5.2.1 Entscheidungsmodellierung

Bei Entscheidungsmodellen handelt es sich um Analysemethoden mit Einbezug von disaggregierten Daten. Sie beschreiben eine Entscheidungssituation durch eine Menge von Handlungsalternativen. Dabei sind *Stated-* und *Revealed Preference* Modelle spezialisierte statistische Methoden und werden da angewandt, wo bei der Ziel- und Standortwahl von Pendlern, Touristen, Haushalten oder auch Firmen die Attraktivität räumlicher Alternativen von der Erreichbarkeit abhängt. Beide Methodenansätze unterstellen individuelle Nutzenfunktionen (siehe dazu Ortuzar und Willumsen, 2001). *Stated Preference* bedeutet, dass das Verkehrsverhalten aufgrund individueller Aussagen zu hypothetischen Märkten beschrieben wird. Bei den *Revealed Preference* Methoden wird dagegen nach tatsächlich gewählten Alternativen gefragt.

In der Schweiz haben sich z. B. Simma und Schlich diesen Methoden angenommen (Simma et al, 2001). Sie untersuchten die Wichtigkeit der Erreichbarkeit als Attraktivitätsmerkmal im Tagesfreizeitverkehr in der Schweiz. Die Studie erfasst den Zusammenhang von Zielwahl, räumlicher Ausstattung und Reisesituation. Ein wichtiges Ergebnis ist die Tatsache, dass die Zielwahl wesentlich von der Erreichbarkeit abhängt. Die Attraktivität eines Besuches wird von den Reisenden stark in Abhängigkeit der Entfernung und Reisedauer von ihrem Wohnort zu den möglichen Alternativen bewertet. Gemeinden mit grossen Distanzen zu den Bevölkerungszentren müssen deshalb wesentlich bessere touristische Angebote aufweisen um diesen Nachteil auszugleichen. Vor diesem Hintergrund wird der Wunsch der Gemeinden nach einem Anschluss an leistungsfähige Verkehrsnetze verständlich. Dies wird auch durch die Tat-

sache bestätigt, dass sich das Vorhandensein eines Bahnhofs positiv auf die Besuchswahrscheinlichkeit einer Gemeinde auswirkt.

5.2.2 Quasiexperimentelle Methoden und Expertengespräche

Neben der mathematischen Modellierung gibt es weitere Methoden um mit aggregierten und dis-aggregierten Daten die relevanten Standortfaktoren zu eruieren. Dazu gehören beispielsweise die quasiexperimentellen Methoden. Dabei handelt es sich um quantitative und qualitative Analysemethoden, in denen im Rahmen von Studien (vielfach Fallstudien) ökonomische und demographische Entwicklungen in einer Untersuchungsregion, welche von Verkehrsinfrastrukturveränderungen tangiert ist, mit denjenigen einer vergleichbaren Region ohne Erreichbarkeitsveränderungen in Zusammenhang gestellt und verglichen werden. Dabei muss der Wahl einer adäquaten, das heisst einer wirklich vergleichbaren Region grösste Bedeutung zugemessen werden.

Für die Schweiz beispielsweise wurden in den letzten Jahren im Projekt „Räumliche Auswirkungen der Verkehrsinfrastrukturen“ (ARE, 2007) diverse Studien, welche auf diesen Ansätzen aufbauen, im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE) erstellt. Im Rahmen dieses Projektes wurden unter anderen die lokalen Auswirkungen des Vereina-Eisenbahntunnels, welcher seit 1999 das Unterengadin mit dem Rheintal verbindet (siehe auch Kapitel 3.5) untersucht und mit dem zum Vergleichszweck herangezogenen, ebenfalls peripher gelegenen Untersuchungsraum obere Surselva verglichen (siehe ARE, 2006). Während das Unterengadin durch den Tunnel positive Effekte in der Schlüsselbranche Tourismus erfahren habe, seien im Vergleichsgebiet trotz vergleichbarer Angebote im Tourismus keine entsprechenden Impulse festzustellen. Eine weitere Studie, welche ebenfalls im Rahmen dieses Forschungsprojektes entstanden ist, vergleicht die im Kanton Tessin gut erschlossene Magadi-noebene mit einer mit ungleich tieferer Erreichbarkeit ausgestatteten Region. Der Vergleich zwischen Korridoren mit und ohne Hochleistungsstrasse zeige, dass eine neue Strasseninfrastruktur bei vergleichbaren Rahmenbedingungen zu einer räumlich eher homogenen Entwicklung bei den Wohnnutzungen innerhalb einer Region beitrage (siehe dazu Giacomazzi, 2004).

Ebenso in diese Kategorie gehören die Expertengespräche. Dabei stehen aber oft nur bestimmte Teilbereiche oder spezifische Wirtschaftsbranchen im Zentrum des Interesses. Eine Vielzahl dieser Befragungen in verschiedensten Unternehmensbranchen wurde in den letzten Jahren in der Schweiz vorgenommen. Bodenmann, 2006, gibt hierzu einen Überblick. Die Quintessenz seiner Analyse der vorhandenen Studien ist, dass die Gewichtung der Erreichbarkeit als relevanter Standortfaktor stark branchenabhängig ist, drei Standorteigenschaften aber von praktisch allen Branchen als entscheidend angesehen werden: Die Effizienz der Behör-

den, die Wirtschaftsfreundlichkeit der Bevölkerung und der Behörden und eben die verkehrliche Erschliessung (Bodenmann, 2006).

5.3 Methoden mit aggregierten Daten

Unter aggregierten Daten versteht man die Zusammenfassung von Einzelwerten zu grösseren Einheiten. Diese Art von Daten wird hauptsächlich für quantitative makroökonomische Modellansätze verwendet.

5.3.1 Räumliche Gleichgewichtsmodelle

Ein Gleichgewichtsmodell bildet eine Wirtschaft ab, wobei das Gleichgewicht auf den verschiedenen Märkten gesucht wird. Die Gleichgewichtstheorie wurde zuerst von Predöhl, 1925, beschrieben. Dieser Ansatz wurde von Isard, 1956, aufgenommen und mit der Aufnahme von Ansätzen der Standorttheorie um die Komponente Raum erweitert. Im Gegensatz zu den frühen Gleichgewichtsmodellen wird bei Isard also das geographische Moment volkswirtschaftlicher Aktivitäten explizite in das Modell einbezogen. Dabei untersucht er die externen Ersparnisse sowie die Auswirkungen der Bevölkerungsbewegungen auf Marktnetze (und daraus folgend die Anordnung der Städte), wobei er unter anderem von einem monopolistischen Wettbewerb ausgeht (Fujita, 1999). Bei Isard spielen die Agglomerationsvorteile (*Localisation Economies* und *Urbanisation Economies* zusammen) eine wesentliche Rolle (nach Bodenmann, 2006).

In der heutigen Raumforschung bauen verschiedene Ansätze auf Gleichgewichtsmodellen auf, so z. B. diejenigen von Krugman, 1995, oder van den Bergh und Nijkamp, 1996. Allerdings scheint es, dass die meisten Gleichgewichtsmodelle die Transportinfrastruktur nur oberflächlich behandeln (Rietveld und Bruinsma, 1998).

5.3.2 Produktionsfunktionsmodelle

Diese Modelle schätzen die Effekte öffentlichen Kapitals auf das Wirtschaftswachstum. Es steht also der ökonomische Aspekt der Auswirkungen der Investitionen im Zentrum. Für die in dieser Arbeit relevante Fragestellung interessieren spezifisch diejenigen Modelle, welche die Produktivität der Infrastruktur mittels der Produktionsfunktion (die sich ergebende maximale Outputmenge aufgrund eines Inputs) schätzen. Diese Funktionen erlauben, mit systematisch statistischen Analysen den Beitrag der Infrastruktur oder auch anderen Produktionsfunk-

tionen (z. B. Arbeit, privates Kapital) zur Produktion (Output) zu eruieren (vgl. Rietveld und Bruinsma., 1998). Das Grundmodell dieses Ansatzes sieht folgendermassen aus (nach Banister und Berechman, 2000);

$$Y = (MFP_t) * L_t^a * K_{P,t}^\beta * K_{G,t}^\gamma \quad (8)$$

Wobei Y die Produktion (Output) darstellt (z. B. regionale BIP), MFP ist der Multifaktor Produktivität, wie z. B. das Technologieniveau), L , K_P , K_G sind Arbeit, Privates Kapital und nichtmilitärisches öffentliches Kapital. t repräsentiert die Zeit. Hierbei interessiert die Elastizität des Outputs relativ zum Input (z. B. das Verhältnis der Entwicklung regionaler BIP zur Entwicklung der gesprochenen Gelder für die Infrastruktur in Relation zum Gesamtbetrag regionaler BIP, respektive der totalen Infrastrukturinvestitionen) ε_G :

$$\varepsilon_G = \left(\frac{dY}{dK_g} \right) / \left(\frac{Y}{K_G} \right). \quad (9)$$

Typischerweise sieht die logarithmierte Form der Gleichung folgendermassen aus:

$$\ln Y_t = \ln (MFP_t) + \alpha \ln L_t + \beta \ln K_{P,t} + \gamma \ln K_{G,t} \quad (10)$$

Wobei γ die Outputelastizität des eingesetzten Kapitals darstellt.

Die wohl wichtigste Untersuchung der letzten Jahrzehnte dieser Art kommt aus den USA und wurde von Aschauer durchgeführt. Aschauer hat die Diskussion um die Effekte von öffentlichen Investitionen auf die Produktivität als erster aufgeworfen. Mittels eines Produktionsfunktionsmodells hat er die Auswirkungen der Ausgaben der öffentlichen Hand in die Transportinfrastruktur auf die Arbeitsproduktivität und das Wirtschaftswachstum untersucht (Aschauer, 1989). Aschauers Hypothese ist, dass das Wachstum des Verhältnisses von Privatkapital zu Arbeit (Arbeitsproduktivität) eine positive Funktion der Kapazität der regionalen Verkehrsnetze sei. Abhängige Variable war der Output je Arbeitskraft. Der Untersuchungsraum erstreckte sich über die ganzen USA, ohne Alaska und Hawaii, der Zeithorizont lag zwischen 1969-1986. Das Hauptresultat ergab, dass der Effekt der Investitionen in die Transportinfrastruktur auf das Wachstum der Arbeitsproduktivität signifikant und hoch ist. Gemäss Aschauer ergeben 10 Mrd. Investitionen in die Transportinfrastruktur noch im selben Jahr ein durchschnittliches Plus von 2.05 Mrd. Privatkapital. Aschauer errechnete eine Outputelastizität von öffentlichem Kapital von 0.166 für das total ausgegebene Transportkapital, von 0.384 für das in die ÖV Systeme investierte Kapital und von 0.231 von Kapital, welches in den Bau der Highways investiert wurde (vgl. Banister und Berechman, 2000).

Gemäss einer von Banister und Berechman durchgeführten Zusammenstellung der Resultate verschiedener Studien, in welchen Produktionsfunktionsmodelle als Analysemethoden verwendet worden sind (z.B. von Munnell (1990), Garcia-Milà und McGuire (1992), McGuire (1992), oder Haughwouth (1996)), schwanken die beschriebenen Elastizitäten zwischen 0.04 und 0.4 für die USA 0.05 und 0.44 für Länder und Regionen in Europa, Südamerika und Ostasien. Die Zusammenhänge sind dabei allesamt signifikant (siehe Tabelle 3). Generell fällt auf, dass die Output-Elastizität des aufgewendeten öffentlichen Kapitals umso kleiner wird, je näher die Studie an der Gegenwart liegt und je entwickelter die Untersuchungsregion ist. Allerdings unterliegen die Ergebnisse der besprochenen Studien einer grossen Streuung.

Holtz-Eakin bestätigt in seiner Studie für die USA mit aggregierten Daten die Resultate von Munnell und Aschauer, und ermittelt mit Outputelastizitäten von 0.06 ebenfalls Werte in ähnlicher Grössenordnung. Dagegen findet er in einem erweiterten Modell, in welches er die unbeobachteten Charakteristika der verschiedenen Bundesstaaten einbezieht (also mit Einbezug von disaggregierten Daten), keine signifikante Auswirkungen der Infrastrukturinvestitionen auf die Produktivität (Holtz-Eakin, 1994).

Eine der jüngsten Studien zu den Wirkungszusammenhängen zwischen Infrastruktur und räumlicher Entwicklung, in welcher diese Analysemethoden zur Anwendung gekommen sind, wurde von Berechman verfasst (Berechman et al., 2006). Die Fragestellung und die Methodik sind ähnlich wie in den oben erwähnten Arbeiten. Die Produktionsfunktionsmodelle wurden aber nicht nur auf einer übergeordneten Ebene (in diesem Fall die Amerikanischen Bundesstaaten New York und New Jersey) geschätzt sondern auch auf einer untergeordneten, auf der *County*- und Gemeindeebene. Auch wurden Lag- und Spillovereffekte analysiert. Die Resultate zeigen, dass der Einfluss des investierten öffentlichen Kapitals in die Verkehrsinfrastruktur auf die regionalen BIP abnimmt, je kleiner die Untersuchungseinheit wird (die Elastizitäten betragen 0.37 auf Ebene Bundesstaat, 0.34 auf Countyebene und -0.01 auf kommunaler Ebene). Die Elastizitäten steigen zwischen 1990 und 2000 auf Bundestaats- und Countyebene langsam an, schwanken auf Gemeindeebene (wo auch die Spillovereffekte am grössten sind) allerdings stark.

Shirley und Winston, 2004, weichen insofern vom klassischen Produktionsfunktionsmodell ab, als dass sich ihre Untersuchung nicht auf den Output des Bruttoinlandproduktes bezieht. Sie ändern das Modell ab und untersuchen die Auswirkungen der Verkehrsinfrastrukturinvestition auf Lagerbestände und somit auf die Logistikkosten der Industrie. Die Hauptresultate sind, dass die Betriebe tatsächlich die Lagerbestände reduzieren, wenn in die Verkehrsinfrastruktur investiert wird. Dies war nach Shirley und Winston vor allem in den 1970er Jahren der Fall, hernach sind die Zusammenhänge weniger deutlich. So generierte ein weiterer in die Verkehrsinfrastruktur investierter Dollar eine Reduktion der Lagerbestandskosten von 7 Cent

in den 1970ern, von 2 Cent und von 0.33 Cent in den 1980er und 1990er Jahren. Statistisch weicht dabei die Reduktion der Lagerbestandskosten je nach Art der Güter kaum voneinander ab. Einzig Lebensmittel und Tabak (wohl aus Gründen der Haltbarkeit und Zeitpunkt der Ernte) sind weniger von den Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur abhängig. Tabelle 4 fasst die Resultate der besprochenen Studien zusammen:

Tabelle 4 Produktionsfunktionsmodelle: Studienresultate im Überblick

Jahr	Studie	Output-Elastizität des eingesetzten Kapitals
1989	Aschauer	0.17-0.38
1990	Munnell	0.06
1994	Holtz-Eakin	0.06
1992	Garcia-Milà und McGuire	0.04
1992	McGuire	0.121-0.37
1996	Haughwouth	0.08
2004	Shirley und Winston	0.003-0.07 über die Zeit abnehmend
2006	Berechman	-0.01-0.37 je nach Grösse des Untersuchungsraums

Nach Banister und Berechman (2000), modifiziert und erweitert

5.3.3 Flächennutzungsmodelle

Neben statistisch-analytischen Ansätzen kommen auf regionaler und lokaler Ebene vielfach Flächennutzungsmodelle (*Land Use Models*) zur Anwendung, welche räumliche und verkehrliche Prozesse simulieren. Das erste Flächennutzungsmodell wurde von Lowry im Jahr 1964 erstellt. Es baut auf drei ineinander greifende Modellsimulationen zur Wohnorts-, Dienstleistungsstandort- und Einzelhandelsstandortwahl auf (Wegener, 2004). Dieses Modell wurde parallel zur Verbesserung der Rechenleistungen rasch weiterentwickelt und zu komplexen Modellen mit Einbezug verkehrlicher Aspekte ausgebaut. Flächennutzungsmodelle werden heute häufig für einen städtischen Parameter angewendet und sind auf dem bekannten Vierstufen Verkehrsmodell (Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung, Verkehrsmittelwahl, Routenwahl) aufgebaut (siehe dazu Ortuzar und Willumsen, 2001) und berücksichtigen Rückkoppelungen

von Verkehrsflüssen und Verkehrsinfrastruktur auf die Örtlichkeit ökonomischer Aktivitäten und der Wohnortwahl. Für einen vertieften Einblick in die verschiedenen Modellstrukturen siehe Hunt et al., 2005. In der Folge werden drei häufig verwendete moderne Land Use Modelle beschrieben.

MEPLAN wurde entwickelt, um Gemeinden und Agglomerationen zu helfen, die endogenen Effekte von Landnutzungsplanung und Transportpolitik zu analysieren. MEPLAN kann in erster Linie die Effekte der Verkehrsinfrastruktur auf die Standortwahl von Wohnbevölkerung, Arbeitnehmern und anderen determinieren, kann aufgrund von Landnutzung und ökonomischer Aktivität die Transportnachfrage abschätzen und kann die Einflüsse von Planungsentscheidungen auf die Landnutzung und Transport evaluieren (siehe z. B. Echenique, 1990). MEPLAN benutzt drei Hauptmodule: 1. Das Landnutzungs-/Ökonomiemodul, 2. das Transportmodul und 3. das ökonomische Evaluationsmodul. 1 kombiniert ein Raummodell mit einem Input-Output Modell, welches aufzeigt, wo die Faktoren lokalisiert sind und welche Handelsmuster es zwischen den Zonen geben wird. 2 untersucht den Modal Split, Kapazitäten und Routenwahl, während Modul 3 die Module 1 und 2 miteinander vergleicht (Modellentwicklung: Marcial Echenique and Partners, Cambridge; eine detaillierte Modelldarstellung kann z. B. in Echenique et al., 1990 gefunden werden).

TRANUS (*Integrated Land Use and Transport Modelling System*) kann für urbane, regionale oder internationale Applikationen im Bereich der Verkehrsplanung, Ökonomie oder Umweltpolitik angewendet werden. Das Modell ist zonenbasiert, wobei deren Grösse hier keine Rolle spielt. Die integrierte Landnutzung/Transport Modellierung erlaubt eine Abschätzung der Wirkungen von verkehrsplanerischen Massnahmen auf den Raum und die Interaktionen der verschiedenen Aktivitäten. Im Gegensatz zu reinen Verkehrsmodellen wird hier die Projektion in die Zukunft aufgrund von Zunahme und Örtlichkeit der Aktivität und nicht aufgrund einer Erhöhung der Wegematrizen geschätzt. TRANUS reproduziert das Verhalten der verschiedenen Agenten im Raum, die Art und Weise wie sie interagieren, ihr Konsumverhalten und die Nutzung von Land, Transportangebot und –Infrastruktur (Modellentwicklung: Modelistica, Caracas, für die Dokumentation siehe De la Barra, 1989).

DELTA modelliert Veränderungen in urbanen Regionen, einschliesslich Veränderungen von Haushaltstypen, Bevölkerung, Arbeitsplätze und Miet- und Baulandkosten. Typisch ist ein Einhergehen von DELTA mit einem Transportmodell. Zusammen mit einem Verkehrsmodell zeigt DELTA die Veränderungen in der Landnutzung, die damit einhergehenden Auswirkungen auf die Transportnachfrage und die Erreichbarkeitsveränderungen (Modellentwicklung: David Simmonds Consultancy, Cambridge, England; siehe für die Dokumentation Simmonds, 1999).

MEPLAN hilft den kommunalen Behörden die Interaktionen zwischen Landnutzung und Verkehr oder deren zukünftige Planung zu analysieren. Auch TRANUS analysiert die Effekte von Landnutzungs- und Verkehrspolitik auf verschiedene Aktivitäten und den Wohnungs- und Baulandmarkt. Beide Modelle sind denn auch eng verbunden und gehen auf Entwicklungen von Eschenique in den späten sechziger Jahren zurück. Beide Modelle sind unter anderem in Sacramento, Baltimore oder im Bundesstaat Oregon im Einsatz.

Die beiden erst zitierten Modelle sind in der Lage, Raumnutzung und Verkehr miteinander in Verbindung zu bringen. DELTA dagegen projiziert Veränderungen in urbanen Regionen, einschliesslich der Haushaltsstandorte, der Bevölkerung, Arbeitsplätze und dem Wohnungs- und Baulandmarkt und lässt erst in Verbindung mit einem getrennten Verkehrsmodell die Analyse der Interaktion zwischen Verkehr und Raum zu. Der grosse Unterschied in den verschiedenen Modellstrukturen liegt aber in der unterschiedlichen Ausgangssituation. Während DELTA einen Rahmen vorgibt, in welchen die lokale Marktstruktur und –regulation adaptiert werden kann, und daher die lokale Landnutzung als Startpunkt annimmt, wird in MEPLAN und TRANUS dieser Initialstatus ebenfalls modelliert.

5.3.4 Location Modelle

Location Models versuchen lokale Muster verschiedenster Variablen (Bevölkerung, Arbeitsplätze etc.) mit Veränderungen der Infrastruktur zu erklären. In den letzten Jahrzehnten haben sich diverse Autoren in verschiedensten Studien mit quantitativ-statistischen Analysen dieser Ansätze mit dem Ausbau der Verkehrsinfrastruktur von IV und ÖV und der damit einhergehenden Erreichbarkeitsveränderung von Regionen und deren Auswirkungen auf die räumliche Entwicklung auseinandergesetzt.

Diese Modelle bauen auf statistischen Analysen zu der Rolle der Verkehrsinfrastruktur, welche durch die Erreichbarkeit häufig gemäss Potentialansatz operationalisiert wird im Vergleich zu anderen raumprägenden Faktoren wie Arbeitsmarkt, Bevölkerung oder auch zu Investitionssubventionen. Mathematisch sehen diese Modelle folgendermassen aus:

$$L_r = f(A_r, w_r, z_r) \quad (11)$$

Wobei L für die abhängige Variable, so z. B. für absolute Anzahl oder Arbeitsplätze, Arbeitskräfte oder Einwohner oder deren Veränderung über die Zeit steht, A steht für Erreichbarkeit oder Erreichbarkeitsveränderung über die Zeit (z. B. errechnet anhand des Potentialansatzes), w und z für weitere örtliche Faktoren, wie z. B. Wohlstand / Wohlstandsveränderungen der Region r .

In Europa sind diese Fragestellungen so in den Niederlanden detailliert untersucht worden. Rietveld und Bruinsma untersuchten in ihren Arbeiten die Raumwirksamkeiten von neuen Fernstrassen anhand eines Fallbeispiels eines neuen Transitkorridors, wobei der Raum in die Arbeitsmarktzonen der Niederlande aufgeteilt wurde. Diese Arbeitsmarktzonen sind vergleichbar mit den Regionalplanungsregionen in der Schweiz (siehe dazu z. B. Rietveld und Bruinsma, 1998). Dabei wurde die Arbeitsplatzentwicklung jeweils während Fünfjahresperioden zwischen 1970 und 1990 anhand der relativen Entwicklung folgender Variablen erklärt: Inlanderreichbarkeit, Internationale Erreichbarkeit (zu den grössten deutschen und belgischen Städten), Kurzzeitarbeitslosigkeit, Ausbildungsstand und Ausmass der Urbanität. Die Resultate zeigen, dass die Inlanderreichbarkeit in der Periode 1970-1975 einen signifikant negativen Einfluss auf die Arbeitsplatzentwicklung aufweist, derweil sie für die Periode 1985-1990 signifikant positiv war. Für die anderen Perioden können keine signifikanten Einflüsse ausgemacht werden. Die internationale Erreichbarkeit zeigt keine signifikanten Einflüsse. Die Modellgüte (R^2) steigt über die Zeit von 0.52 auf 0.59 an, um danach auf 0.26 abzusinken. Den Grund für die nicht eindeutigen Resultate glauben Rietveld und Bruinsma in der zuwenig feinen räumlichen Aufgliederung des Raumes gefunden zu haben.

Im deutschsprachigen Raum hat sich Lutter mit diesen Fragen auseinandergesetzt. In seinen empirischen Arbeiten geht er der Frage nach „ob und wie der heutige ... Fernstrassenbau die räumliche Verteilung von Bevölkerung, Arbeitsplätzen und Infrastruktur beeinflussen kann.“ (Lutter, 1980, 1). Seine Studien stellen eine Synthese von thematischer Literaturanalyse, Expertenumfragen, Auswertungen zu vorhandenen Ex-post Analysen, eigenen Erhebungen und deren statistischer Analyse dar. Das Ziel bestand darin, aus der Vielfalt von Informationen über total 57 Regionen in Westdeutschland generelle Auswirkungen von Autobahnen auf den ländlichen Raum herauszukristallisieren. Das wichtigste Resultat dieser Untersuchung ist, dass keine grossräumigen Beschäftigungs- und Bevölkerungseffekte durch Fernstrassenbau in peripheren, ländlichen Regionen entstanden sind. Allerdings kommt aber bei der Wahl der Wohnstandortgemeinde dem Ausbau der grossen Ausfallstrassen aus dem jeweiligen Verdichtungskern eine grosse Bedeutung zu.

Für die Schweiz gilt es insbesondere die Arbeit von Kesselring, Halbherr und Maggi zu erwähnen (Kesselring et al., 1982), da sie mit statistischen Methoden anhand des Potentialansatzes eine ex-post Analyse zu eben diesen Fragestellungen für einen in der Schweiz liegenden Untersuchungsraum durchgeführt haben. Es wurde der Einfluss des Strassennetausbaus auf die raumwirtschaftliche Entwicklung, auf die Arbeitsplätze und Arbeitskräfte untersucht. Der Untersuchungsraum erstreckte sich auf die Region Zürich-Innerschweiz, der Untersuchungszeithorizont lag zwischen 1960 und 1970. Als zu erklärende Grössen erscheinen „Veränderung der Zahl der Arbeitskräfte“ und „Veränderung der Zahl der Arbeitsplätze“. Als un-

abhängige Variable fungieren die Elemente der Potentialveränderungen. Die Kernaussage dieser Analyse des Grossraumes Zürich / Innerschweiz ist, dass es vor allem die mittelländischen Agglomerationsräume sind, welche durch einen Netzausbau gefördert werden können, währenddem die peripheren, wirtschaftsschwachen Zonen unter negativen Auswirkungen leiden. Kesselring et al. sehen einen Rückkoppelungseffekt des Strassenbaus, welcher die wirtschaftsstarken Zonen positiv beeinflusst und die wirtschaftsschwachen Räume weiter schwächt.

5.4 Diskussion und Hypothesenbildung

Der Überblick über die besprochenen Studien zeigt, dass sich die Analysemethoden bezüglich des theoretischen Hintergrundes der Analysemethoden, der Art der eingesetzten Daten, der Grösse der Untersuchungsräume, der räumlichen Auflösung der Analyse und der unabhängigen Variablen stark unterscheiden (zum Beispiel Produktivität und Entwicklung regionaler BIP der Produktionsfunktionsmodelle gegenüber Arbeitsplatz- oder Bevölkerungsentwicklung in anderen Ansätzen). Und dennoch: Der positive Einfluss der Investitionen der öffentlichen Hand in die Verkehrsinfrastruktur auf die Wohlfahrt ist in der regionalökonomischen Literatur im Grundsatz unbestritten. Allerdings gehen die Meinungen bezüglich des Ausmasses der Wirkungen und insbesondere des Grenznutzens zusätzlicher Investitionen in Verkehrsanlagen in bereits erschlossenen Gebieten stark auseinander. Die Kausalität eines positiven Zusammenhanges wird denn auch zunehmend kritisch hinterfragt.

Auch die Resultate der besprochenen Studien zeichnen ein heterogenes Bild. Die Quintessenz der Forschungsergebnisse lassen sich aber dahingehend zusammenfassen, dass Zusammenhänge zwischen Neubauten von Verkehrsinfrastruktur und der raumstrukturellen Entwicklung bestehen, deren Stärke aber zeitlich und räumlich stark divergieren. Je näher an der Gegenwart der Untersuchungszeitraum einer Studie angesiedelt und je entwickelter und dichter besiedelt die Untersuchungsregion dabei ist (was beides für die Schweiz der Fall ist), umso schwächer scheinen sich die Einflüsse auszuwirken. Die besprochenen Studien überblickend, erhärtet daher sich der Verdacht, dass es einen abnehmenden Grenznutzen von Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur zu geben scheint.

Wie oben gezeigt, sind neben den Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur weitere Massnahmen, in kleinerem Rahmen direkte punktuelle staatliche Investitionen und Förderungen, im grossem Rahmen Struktur erhaltende Unterstützung (wie Landwirtschaft und die Armee mit ihren Betrieben) und Transferzahlungen in benachteiligte Regionen, raumwirksam (siehe auch 3.1.2). Dies gilt insbesondere für die föderale Struktur der Schweiz.

Für vorliegende Arbeit lassen sich, abgeleitet aus diesen Erkenntnissen, folgende drei Hypothesen bilden:

- H1: Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur und ergo Verkehrsinfrastrukturausbauten wirken sich generell positiv auf verschiedenste Variablen der Raumstruktur aus.
- H2: Die Stärke dieser Auswirkungen ist allerdings räumlich nicht überall gleich stark ausgeprägt. Für den in dieser Arbeit gewählten Untersuchungsraum bedeutet dies, dass in peripheren, weniger stark entwickelten Regionen die Ausprägungen markanter sind als in den grossen Ballungsgebieten des Mittellandes.
- H3: Die Stärke der genannten Wirkungszusammenhänge ist über die Zeit (langfristig, über Dekaden gesehen) nicht immer gleich stark. Tendenziell nehmen sie über die Zeit zur Gegenwart hin ab.

Die Wahl der für eine bestimmte Fragestellung richtigen Methode hängt auch vom Massstab der Untersuchung ab. So schlagen z. B. Banister und Berechman, 2000, für ein grossflächiges Untersuchungsgebiet (Nationale Ebene z. B. in Grossbritannien) Produktionsfunktionsmodelle, in denen das jährliche Wachstum des Bruttoinlandproduktes aufgrund der Infrastrukturinvestitionen geschätzt wird, als adäquate Methode vor. Auf regionaler Ebene sind es dann die Erreichbarkeitsstudien, die *Location Models*, in denen die räumlichen Strukturen neben anderen Variablen aufgrund des Schienen- und Strassennetzwerks untersucht werden. Auf lokaler Ebene sehen sie sodann Analysen von Wohlstandsveränderungen und generelle Agglomerationsanalysen (v. a. *Land Use Modelling*) aufgrund des Agglomerationsverkehrs für ÖV und IV.

Um neben der Erreichbarkeit weitere raumprägende, z. B. sich in Arbeitsplatzentwicklung niederschlagenden Massnahmen, ebenfalls in die Schätzung einfliessen lassen zu können und auch um die eventuell geographischen und zeitlichen Abweichungen von einem globalen Mittelwertsmodell einbeziehen zu können, wird in vorliegender Arbeit als Analysemethode ein Location Modell gewählt.

Die Modelle werden in der Folge in Kapitel 10 zuerst mittels OLS Regressionsmodellen über die ganze Schweiz geschätzt. In Kapitel 11 und 12 werden diese Schätzungen mittels Multilevel Modellen, respektive mit *Spatial Lag* und *-Error* Modellen um räumliche und zeitliche Komponenten erweitert.

6 Daten

In diesem Kapitel werden die für die Darstellung der Raumstruktur und die Potentialberechnung benötigten Daten, sowie die dafür notwendigen Anforderungen an sie besprochen. Dafür werden Indikatorenkonzeptionen früherer Ex-post Analysen für diese Fragestellungen herangezogen und verglichen. Des Weiteren werden die für die Potentialberechnung zugrunde liegenden digitalen ÖV und IV Verkehrsnetze beschrieben.

6.1 Daten zur Raumstruktur

6.1.1 Anforderung an die Daten

Für die vorliegende Arbeit wurden für beide Gruppen von Variablen (gemeindefeine Raumstruktur auf kommunaler Ebene, sowie Daten zur Errechnung der Erreichbarkeiten) Daten über einen grossen Zeitraum zwischen 1950 und 2000 gesammelt und digitalisiert. Durch das Projektdesign mit dem Anspruch auf räumliche Schärfe und historische Tiefe mussten Variablen gefunden werden, welche diese speziellen Anforderungen erfüllen können. Die Auflösung der Raumstruktur sollte möglichst hoch sein, deshalb wurde die Gemeindeebene als unterste Analyseeinheit gewählt. Die Daten, welche am ehesten diesem Anforderungskatalog entsprechen, wurden in den eidgenössischen Volks- und Betriebszählungen gefunden. Die sozioökonomischen Daten kommen zur Hauptsache aus der Schweizerischen Volkszählung. Da die Fragestellung eine starke historische Komponente hat, müssen die Daten über einen grossen Zeitraum konsistent und daher vergleichbar sein. Die Daten wurden daher an den Gebietsstand des Jahres 2000 angepasst. Die Schweiz bestand im Jahr 2000 aus 2'896 Gemeinden; während den letzten 5 Dekaden wurden über 300 Gemeinden zusammengelegt, änderten den Namen oder die Gemeindenummer nach BfS. Die Netzwerkmodelle für ÖV und IV wurden vom IVT, ETH Zürich aufgebaut (siehe Fröhlich et al., 2003, Tschopp et al., 2003, sowie Fröhlich et al., 2006).

Tabelle 5 Verwendete Indikatoren ausgewählter Studien

Merkmalsgruppe	SAN	IRPUD	Indikatoren Frey	NUP	GVK-CH	Landesplanerische Leitbilder
Siedlungsstruktur	x	x		x		x
Bevölkerung		x			x	
Erziehung/Bildung			x			x
Gesundheitswesen					x	x
Industrie/Gewerbe	x	x	x	x		x
Erreichbarkeit	x		x		x	
Mobilität	x		x		x	x
Energie						x
Emissionen	x					
Kommunikation						x
Flächennutzung		x	x		x	x
Erholung/Tourismus				x		x
Wald						x
Umwelt/Landschaftsschutz	x		x	x		x
Landesverteidigung						x
Subventionen/Steuern			x			
Entwicklungsdisparitäten				x	x	
Netzdaten		x				

Vorschläge zur Variablenauswahl, um die Auswirkungen von Infrastruktur auf den Raum zu prüfen wurden bereits verschiedentlich gemacht. In Kapitel 5 wurde gezeigt, dass in For-

schungsarbeiten mit ähnlichen Fragestellungen neben Variablen zur Erreichbarkeit, Variablen zu Ökonomie und Demographie zur Verwendung gelangten. In Tabelle 5 sind die für die mehrheitlich in der Schweiz durchgeführten Projekte, unabhängig der Analysemethoden, verwendeten Variablen aufgelistet. Zum einen wurden bei diesen Projekten Indikatoren zur Überprüfung der Auswirkungen von Verkehrsinfrastrukturen verwendet, zum anderen handelt es sich um mögliche Standortfaktoren. Einbezogen werden die Standortfaktoren von Frey (Frey, 1979), die Indikatorenkonzeption der bereits oben erwähnten Nationalstrassenüberprüfung (NUP), (Gfeller, 1984), das Zielsystem der Gesamtverkehrskonzeption der Schweiz (GVK-CH), (Iblher, 1977), die untergeordneten Teilleitbilder der Landesplanerischen Leitbilder (Rotach, 1971), die Indikatoren von Siedlung-Verkehrsangebot-Verkehrsnachfrage (SAN), (Rotach, 1986), sowie die Indikatoren des IRPUD Modells (Wegener, 2002). Neben den bereits erwähnten Variablen zu Ökonomie und Demographie werden weitere Variablen zur Sozialstruktur, zu Umwelt/Flächennutzung, sowie zu Energie und Emissionen in die Indikatorensysteme einbezogen.

6.1.2 Variablen

Aufgrund der gegebenen Fragestellung und der gewählten Analysemethoden sind in erster Linie Daten zu Soziodemographie und ökonomischer Struktur von Interesse. Die in dieser Arbeit verwendeten Daten sind in Tabelle 6 im Detail aufgelistet.

Tabelle 6 Die zugrunde liegenden Variablen: Übersicht

Kategorie	Variable	Zeitraum	Räuml. Auflösung	Quelle
Demographie	Bevölkerung	1850-2000 i. R. alle 10 Jahre	Gemeindeebene	VZ
Wohnen	Haushalte	1970-2000 alle 10 Jahre	Gemeindeebene	VZ
Arbeit	Arbeitstätige	1950-2000 alle 10 Jahre	Gemeindeebene	VZ
	Beschäftigte	1955-2001 in unregelmässigen Zeitabständen	Gemeindeebene	BZ
	Arbeitsstätten	1955-2001 in unregelmässigen Zeitabständen	Gemeindeebene	BZ
Wohlstands- indikatoren	Steuerkraft (direkte Bundessteuer)	1973-2000 jährlich	Gemeindeebene	ESTV
	Einkommen	1973-2000 jährlich		
Mobilität	Fahrzeugbestände	1958-2000 in unregelmässigen Zeitabständen	Gemeindeebene	BfS Verkehr
BfS=	Bundesamt für Statistik			
BZ =	Betriebszählung			
ESTV=	Eidgenössische Steuerverwaltung			
VZ =	Volkszählung			

6.1.3 Datengrundlage und Aufbereitung

Die eidgenössischen Volkszählungen und Betriebszählungen werden von der schweizerischen Eidgenossenschaft durchgeführt und vom Bundesamt für Statistik ausgewertet.

Die Volkszählungen wurden seit 1850 in Zehnjahresschritten durchgeführt. Die einzigen Abweichungen erfolgten 1888 und, wegen des zweiten Weltkrieges, 1941. Diese Periodizität ermöglicht eine einigermaßen konsistente Zeitreihe über einen langen Zeitraum. 1860 wurde ebenfalls eine Volkszählung durchgeführt, doch ist sie wegen abweichender Befragungsmethoden nur bedingt vergleichbar.

Die eidgenössischen Betriebszählungen wurden von 1905 bis 1985 in Zehnjahresschritten durchgeführt. In allerjüngster Vergangenheit wurde jedoch von diesem Zehnjahresrhythmus abgewichen. Die jüngsten Zählungen fanden 1991, 1995, 1998 und 2001 statt.

Die Daten lagen dabei in digitaler und in analoger Form vor. Dabei wurden die analogen Daten in Eigenregie digitalisiert. Für einen eingehenden Beschrieb der Raumstrukturdatenbanken siehe Tschopp et al., 2003.

6.1.4 Raumstruktur und Gemeindemutationen

In der Schweiz gab es im Jahr 2000 2'896 unabhängige Gemeinden in 185 Bezirken und 26 Kantonen und Halbkantonen (siehe Anhang A1). Fusionen und Gemeindeteilungen sind in der Schweiz vergleichsweise selten, ebenso territoriale Modifikationen zwischen Gemeinden (Schuler, 1997). Dies hat mit dem hohen Grad der Autonomie von Gemeinden und Kantonen, sowie mit der direkten Demokratie zu tun, muss doch das Volk über jede Gebietsstandsänderung (Fusion, Bezirks-, Kantonswechsel) entscheiden. Bei Kantonswechseln ist das Referendum gar auf eidgenössischer Ebene zwingend.

Trotzdem kommen solche Mutationen jedes Jahr vor, so dass der Gebietsstand oder die räumliche Gliederung eines Kantones, eines Bezirkes oder einer Gemeinde im Verlauf der Zeit sich ständig ändert was sodann den historischen Vergleich erschwert. Das prominenteste Beispiel ist die Abtrennung des Kantons Jura von Bern im Jahr 1979. Aber auch der Kantonswechsel des Bezirks Laufen von Bern zu Basel-Land im Jahr 1994, die Neuentstehung des Bezirks Dietikon (Kanton Zürich) im Jahr 1986 oder der Kantonswechsel von der Gemeinde Vellerat von Bern zum Jura 1996 sind von grosser Wichtigkeit. Weiter haben viele Gemeinden den Gebietsstand durch Teilung oder Fusionen verändert.

Während Gemeindeteilungen relativ selten sind (im untersuchten Zeitraum kam es nur zu vier solcher Teilungen), sind Gemeindefusionen bedeutend häufiger aufgetreten. Gründe dafür sind vielfach finanzieller oder demographischer (Abwanderung, Entleerung) Art. Dabei tragen die Kantone Fribourg und Thurgau (Spezialproblem: Munizipalgemeinden) die Hauptlast. In den anderen Kantonen treten Gemeindefusionen sehr viel seltener auf. Diese Gemeindefusio-

nen sind vielfach mit Namensänderungen, der dritten Art von Gemeindemutationen, verbunden. Aus verschiedensten Gründen kann es zudem vorkommen, dass Gemeinden ohne den Gebietsstand zu ändern (beispielsweise wegen Kantonswechsel oder Neugründung eines Bezirkes) ihre Gemeindenummer wechseln. Insgesamt verringerte sich die Anzahl Gemeinden um knapp 200 auf 2'896 (siehe Tabelle 7).

Um diesem Problem entgegenzuwirken wurde deshalb eine Zuordnungstabelle erstellt. Mit diesem Hilfsmittel kann genau verfolgt werden, wann in welcher Gemeinde welche Art von Mutation erfolgt ist (siehe dazu Tschopp und Keller, 2003).

Tabelle 7 Volkszählungsjahre und Anzahl politisch-administrativer Einheiten

Jahr	Anzahl Gemeinden	Jahr	Anzahl Gemeinden
1850	3205	1930	3121
1860	3211	1941	3107
1870	3191	1950	3101
1880	3188	1960	3095
1888	3185	1970	3072
1900	3164	1980	3029
1910	3157	1990	3021
1920	3136	2000	2896

Mit Hilfe dieser Zuordnungstabelle (Anhang A3), sowie einer Prozedur, welche mit der Software SAS erstellt wurde (siehe dazu Anhang A4), ist es möglich, beliebige Gemeindedaten irgendeines Gebietsstandes zwischen 1950 und 2000 auf denjenigen des Jahres 2000 zu bringen. Es ist so erstmals möglich, Daten zur Raumstruktur gemeindefein über einen längeren Zeithorizont zu untersuchen.

6.2 Strassenmodell

Um die IV Erreichbarkeit zu modellieren, wurden die Strassennetze der Schweiz vom IVT von 1950 bis 2000 für jede Dekade digitalisiert. Als Grundlage für dieses modellierte Netz dient das reale Strassennetz aus dem Jahr 2000, wobei nur Kantons- und Nationalstrassen berücksichtigt wurden. Dieses Verkehrsnetz für das Jahr 2000 besteht aus ca. 20'000 Strecken, respektive aus ca. 15'000 Knoten. In diesem so vorhandenen Netzmodell für die ganze

Schweiz werden die Strecken mit ihrer Länge, der möglichen fahrbaren Geschwindigkeit, sowie den möglichen Kapazitäten digital dargestellt.

Die Reisezeiten im digitalen Verkehrsnetz wurden zwischen allen Gemeinden der Schweiz für die ganze Untersuchungsperiode vom IVT im Rahmen des Projektes COST 340 berechnet. Ermittelt wurde jeweils die direkteste Strecke ohne Berücksichtigung von Netzüberlastungen, was dann allerdings alltägliche Tagesganglinien nicht immer richtig abbilden kann. Dieses Manko wurde dadurch behoben, dass verschiedene Durchschnittsgeschwindigkeiten je Strassentyp verwendet wurden. Zur Berechnung wurde die Modellierungssoftware VISUM der Firma PTV Planung Transport Verkehr AG verwendet (Fröhlich und Axhausen, 2002).

Um die Verkehrsnetze der Jahre 1950, 1960, 1970, 1980 und 1990 rekonstruieren zu können, wurden die Änderungen (Neueröffnungen, Belagsverbesserungen, zusätzliche Fahrstreifen) sowohl auf Autobahnen und –strassen, als auch auf Hauptstrassen vom Jahr 2000 auf der Zeitachse zurück bis 1950 berücksichtigt. Für die Entwicklungen der Nationalstrassen konnte auf Daten des ASTRA abgestützt werden. Die Datenerhebung zu den Hauptstrassen dagegen musste auf der Basis von Karten, Zeitschriften und Plänen aufgebaut werden. Um das Untersuchungsgebiet auch auf das angrenzende Ausland auszudehnen, wurde das Modell des Schweizer Strassennetzes mit einem europäischen Netz von der PTV AG kombiniert (Fröhlich und Axhausen, 2002). In diesem (nun weniger dichten) Netzmodell wurde die Entwicklung der Autobahnen in einem Perimeter, der von den Städten Frankfurt, Salzburg, Genua, Lyon und Paris begrenzt wird, nachgezeichnet, so dass der Untersuchungsraum Schweiz um das benachbarte Ausland erweitert wird.

6.2.1 Zonenabgrenzung und Geschwindigkeiten

Die Siedlungsräume, jeweils mit einem zugehörigen Schwerpunkt, sind in einzelne Zonen zusammengefasst. Diese entsprechen in aller Regel den Gemeindeperimetern, wobei die grossen Zentren Zürich, Basel, Bern, Lausanne und Genève in ihre Stadtquartiere (z. B. Kreise für Zürich) unterteilt wurden. Der jeweilige Schwerpunkt repräsentiert alle Aktivitätsmöglichkeiten (A_j , siehe 4.3) in ebendieser Zone und ist die Quelle aller Reisen, welche von dieser Zone ausgehen. Im Strassenverkehrsmodell sind die Schwerpunkte aller Zonen zum nächsten Strassennetz mit einer postulierten Durchschnittsgeschwindigkeit von 15 km/h angebunden (Fröhlich und Axhausen, 2002). In Tabelle 8 sind die angenommenen Geschwindigkeiten für die verschiedenen Strassentypen über die Zeit angegeben).

Tabelle 8 Durchschnittsgeschwindigkeiten nach Strassentypen und Jahr [km/h]

Strassentyp	Jahr					
	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Autobahn 120 km/h	85	95	110	112	114	114
Autobahn / Schnellstrasse 100 km/h	85	95	90	92	94	94
Autobahn / Schnellstrasse 80 km/h	85	95	75	77	79	79
Autobahnzubringer	30	30	30	30	30	30
Hauptverkehrsstrassen	40	45	55	65	70	70
Verbindungsstrassen	35	40	50	60	60	60
Sammelstrasse	30	35	45	50	50	50
Erschliessungs- / Quartierstrasse	25	25	35	40	40	40
Alpine Transitstrassen	35	40	50	60	60	60
Alpine Hauptverkehrsstrasse	30	35	45	50	50	50
Alpine Sammelstrassen	25	25	35	40	40	40
Alpine Erschliessungsstrassen	15	20	25	30	30	30
Städtische Hauptverkehrsstrassen	22	22	22	22	22	22
Städtische Sammelstrassen	17	17	17	17	17	17

Quelle: Erath und Fröhlich (2004)

6.3 Schienenmodell

Ausgehend vom Schienennetz für das Jahr 2000 wurde die Entwicklung der Strecken (rund 5'500) und Knoten (rund 2'700) für jedes Jahrzehnt bis 1950 zurückverfolgt und entsprechend der Ausbauschritte angepasst. Im Gegensatz zum Strassenverkehr, bei dem die Infrastruktur vom Konsument als Angebot selbst genutzt wird, sind beim ÖV nicht die Infrastruktur an sich, sondern die darauf angebotenen Linienverbindungen, das Verkehrsangebot, für den Nutzer relevant. Für die sechs Untersuchungszeitpunkte wurden alle in der Schweiz ganzjährlich an Werktagen verkehrenden Züge, sowie einige interregionale Buslinien erfasst (nach Fröhlich et al., 2003). In Tabelle 9 sind die Anzahl der erfassten Kurse pro Tag sowie die bedienten Haltestellen aufgeführt.

Die historischen Fahrpläne wurden sodann in digitalisierter Form aufbereitet und in die Ver-

kehrsplanungssoftware VISUM (PTV, 2000) eingelesen.

Während den fünf Dekaden des Untersuchungszeitraumes wurden verschiedene Bahnstrecken und Haltestellen stillgelegt. Diese Änderungen im Bahnnetz wurden, analog zum Strassennetz, für jede einbezogene Dekade angepasst. Im Eisenbahnnetzwerk ist die Verbindung vom Schwerpunkt einer Zone zur nächsten Station eine Annäherung für die Strecke, den die Passagiere vom Wohnort zu einer Station zurücklegen müssen. Dabei wird angenommen, dass die Hälfte der Passagiere zu Fuss oder mittels ÖV und die andere Hälfte der Passagiere mit dem Fahrrad oder mit dem PW an den Bahnhof gelangen. Die angenommen durchschnittliche Geschwindigkeit für die Strecken zum Bahnhof unterscheidet sich je nach Erschliessungsgrad: Für Gemeinden mit eigener Station beträgt sie 6 km/h über die direkte Luftlinie, für Gemeinden ohne eigene Station und unter 10 km Strassendistanz zum nächsten Bahnhof 12 km/h, für Gemeinden ohne eigene Station und mehr als 10 km Strassendistanz 25 km/h, für grosse Zentrumsgemeinden und Luftliniendistanz über 1 km zur Station 10 km/h (nach Fröhlich et al., 2003).

Tabelle 9 Anzahl Unterlinien, Anzahl der Zugsfahrten und bediente Haltestellen

Jahr	Unterlinien	Zugsfahrten	bediente Haltestellen
1850		388	396
1888		1'164	1'199
1910		357	357
1930		204	204
1950		2'480	5'886
1960		3'496	7'189
1970		3'318	7'166
1980		3'452	10'709
1990		3'129	12'839
2000		3'715	11'327
Quelle: Fröhlich et al. (2003)			

7 Raumstrukturelle Entwicklung in der Schweiz

In den letzten Jahrzehnten, im Besonderen in der nach dem Zweiten Weltkrieg einsetzenden Hochkonjunktur, haben sich viele Aspekte der Raumstruktur in der Schweiz grundlegend verändert. Der Anteil der in der Landwirtschaft Tätigen, des primären Sektors, hat abgenommen, auch der industrielle, der 2. Sektor hat viele Beschäftigte verloren, dabei gehen beide Entwicklungen mit dem Aufstieg des dritten Sektors, des Dienstleistungssektors einher, d. h. der Tertiarisierung der Volkswirtschaft. Simultan dazu hat sich die Schweiz suburbanisiert, eine Entwicklung, welche in jüngster Zeit zum Zusammenschluss der äusseren Ausläufer der Metropolitanregionen geführt hat. Diese Transformationsprozesse haben sich schleichend vollzogen. Allerdings haben sie mit der Öffnung und der teilweise vollzogenen Liberalisierung wichtiger Branchen, der Verknappung der Bodenressourcen im politischen Diskurs an Bedeutung gewonnen, diese Entwicklungen haben sich in den letzten Jahren akzentuiert und sind vermehrt ins Zentrum des öffentlichen Interesses gerückt: „Angesichts des raschen wirtschaftlichen Strukturwandels und der zunehmenden Internationalisierung haben Themen der räumlichen Entwicklung in den vergangenen Jahren die Politik, die Wissenschaft und das öffentliche Interesse viel stärker beschäftigt als noch in den 1980er- und 1990er Jahren“ (Schuler et al., 2006, 8).

In diesem Kapitel werden die raumstrukturellen Ausprägungen ausgewählter Variablen zu Soziographie und Demographie, sowie volkswirtschaftliche Daten mittels geeigneter deskriptiver Methoden beschrieben und miteinander verglichen. Erhebungen dieser Art wurden zwar auch in der Vergangenheit für die Schweiz immer wieder durchgeführt (speziell erwähnt seien die Strukturatlanten, welche auf Volkszählungsdaten basieren (z B. Schuler et al., 2006, Schuler et al., 1997)). Diese bildeten in der Vergangenheit jedoch häufig einen Ist-Zustand ab oder decken nicht den ganzen für diese Arbeit relevanten Zeitraum gemeindefein ab. Der Fokus wird dabei bewusst auf die Dynamik über die Zeit und weniger auf die Ist-Zustände gelegt. Dabei werden zum besseren Verständnis einige generelle Entwicklungen aufgezeigt. Von besonderem Interesse ist die räumliche Verteilung dieser Variablen, sowie deren Veränderung über die Zeit. Diese deskriptive Analyse der räumlichen Verteilungen dient als Grundlage und zum besseren Verständnis für den nachfolgenden analytischen Teil der Arbeit. Für die bessere Interpretation der Entwicklungen geht die Analyse da und dort über den Untersuchungszeitraum dieser Arbeit hinaus.

7.1 Raumprägende Entwicklungen und Besonderheiten in der Schweiz

Die Raumentwicklung wird, wie bereits mehrfach angesprochen, nicht einzig und allein durch den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur bestimmt. Wirtschaftlicher Aufstieg und Niedergang gewisser Regionen sind also nicht immer nur durch ihre Lage und ihre verkehrliche Anbindung erklärbar. Andere Faktoren, wie z. B. die Einflussnahme auf die Raumstruktur durch den Bund oder die Kantone, oder aber generelle ökonomische, soziale und demographische Entwicklungen sind ebenfalls prägend für die räumliche Entwicklung. Die wichtigsten davon werden in einem kurzen Überblick besprochen:

Die föderalen Strukturen der Schweiz: Die jahrhundertealten, föderalen Strukturen des Landes, die weit reichenden Entscheidungskompetenzen der Kantone und Gemeinden sind sowohl für die Siedlungsstruktur, wie auch für den Bau der Verkehrsinfrastruktur massgebend. Allein dies lässt das städtische Hierarchiegefüge (Rang-Grössenregel, siehe 7.3.1) ganz anders erscheinen als in einem Land mit zentralistischen Strukturen wie z. B. Frankreich oder Schweden. So hat der Bund keine direkte Planungshoheit. Nur über räumlich nicht bindende Sachpläne und Konzepte zu Sektoralpolitiken (siehe Kapitel 3) kann er auf die (dann auch räumlich relevanten) Richtpläne der Kantone einwirken.

Tertiarisierung der Wirtschaft und Urbanisierung: Allein zwischen 1985 und 1995 gingen in der Schweiz 13 Prozent der industriellen Arbeitsplätze verloren (BRP, 1998). Der tertiäre Sektor dagegen ist zum wichtigsten Wirtschaftszweig geworden, mehr als 60% der Beschäftigten finden ihre Arbeit im Dienstleistungssektor (BRP, 1998). Die Tertiarisierung geht mit einer Urbanisierung aller Lebensbereiche einher. Wachter, 1995, 187, schreibt: „Zentrales Merkmal der Siedlungsentwicklung in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ist der Einbezug weiter Teile des Landes in den Prozess der Industrialisierung. Dabei ist unter Urbanisierung besonders in dieser Phase weit mehr als nur ein siedlungsgeographisches Problem zu verstehen. Der Niedergang der Landwirtschaft und ihrer prägenden Funktion für die Gesellschaft, die Industrialisierung und später die Entwicklung zur Dienstleistungsgesellschaft bewirken gesellschaftliche Veränderungen mit einer weitgehenden Durchsetzung städtischer Lebensweisen in der ganzen Schweiz“. Demgegenüber könnte die Telematik der durch die Tertiarisierung entstandenen Urbanisierung entgegenwirken: „Die Nutzung der Telematik unterstützt den Prozess räumlicher Dezentralisierung. Niederrangige Dienstleistungen und Produktionstätigkeiten werden ... innerhalb des Städtesystems von den Gross- in Mittelzentren sowie möglicherweise auch in Kleinzentren und an periphere Standorte ausgelagert“ (Wachter, 1995, 175). Währenddem die räumliche Dezentralisierung von Dienstleistungsangeboten (man denke z. B. an Call Centres) Tatsache ist, ist dieser Prozess innerhalb der Schweiz noch

wenig erforscht.

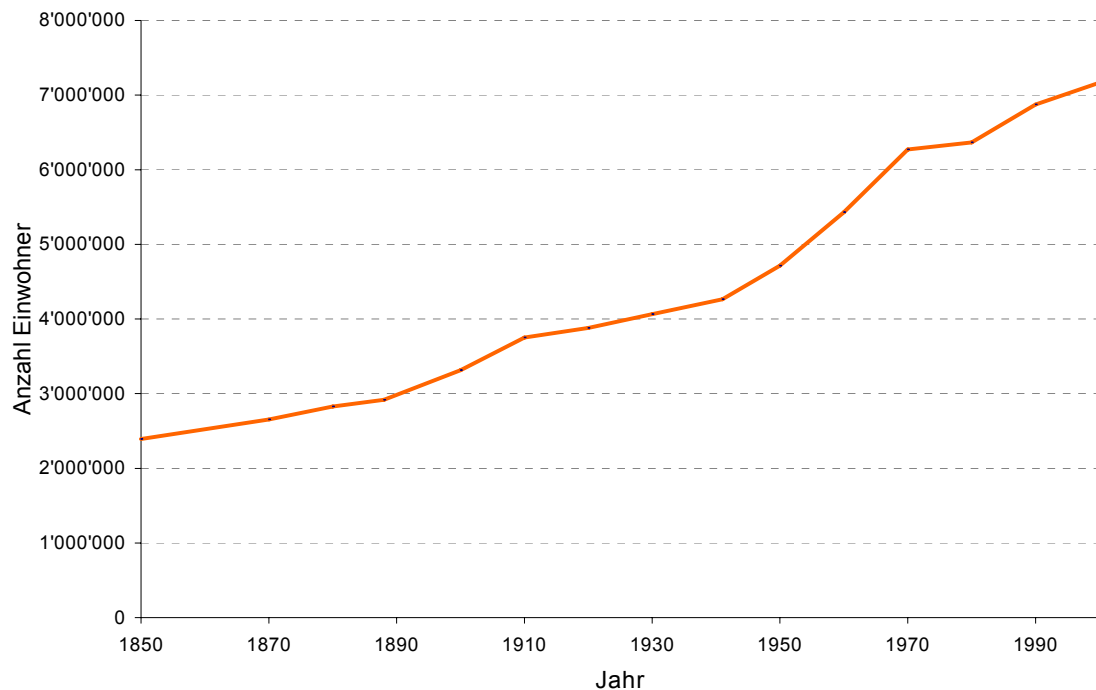
7.2 Räumliche Entwicklung ausgewählter Variablen

7.2.1 Bevölkerungsentwicklung

Die wohl wichtigste Variable zur Erfassung sozioökonomischer Strukturen ist die Bevölkerung per se. Gehen doch aus Kumulation und Wegzug der Bevölkerung alle nach gelagerten soziodemographischen und ökonomischen Prozesse hervor.

Was die Bevölkerung anbetrifft, war und ist die Schweiz während den letzten Jahrzehnten eines der am stärksten wachsenden Länder in Europa (vgl. Haug, 2002). Die Entwicklung im Untersuchungszeitraum global gesehen ist geprägt von einer stetigen Einwohnerzunahme, wenn auch von unterschiedlicher Stärke. Sie ist hauptsächlich auf eine positive Migrationsbilanz zurückzuführen. Perioden besonders starken Wachstums sind über die Jahrhundertwende zum 20. Jahrhundert, die Nachkriegszeit bis 1970 und die Zeit ab 1980 bis zur Gegenwart. Seit 1850 hat sich die Bevölkerung praktisch verdreifacht (siehe Abbildung 12).

Abbildung 12 Bevölkerungsentwicklung in der Schweiz 1850 - 2000



7.2.2 Die Entwicklung der einzelnen Gemeinden

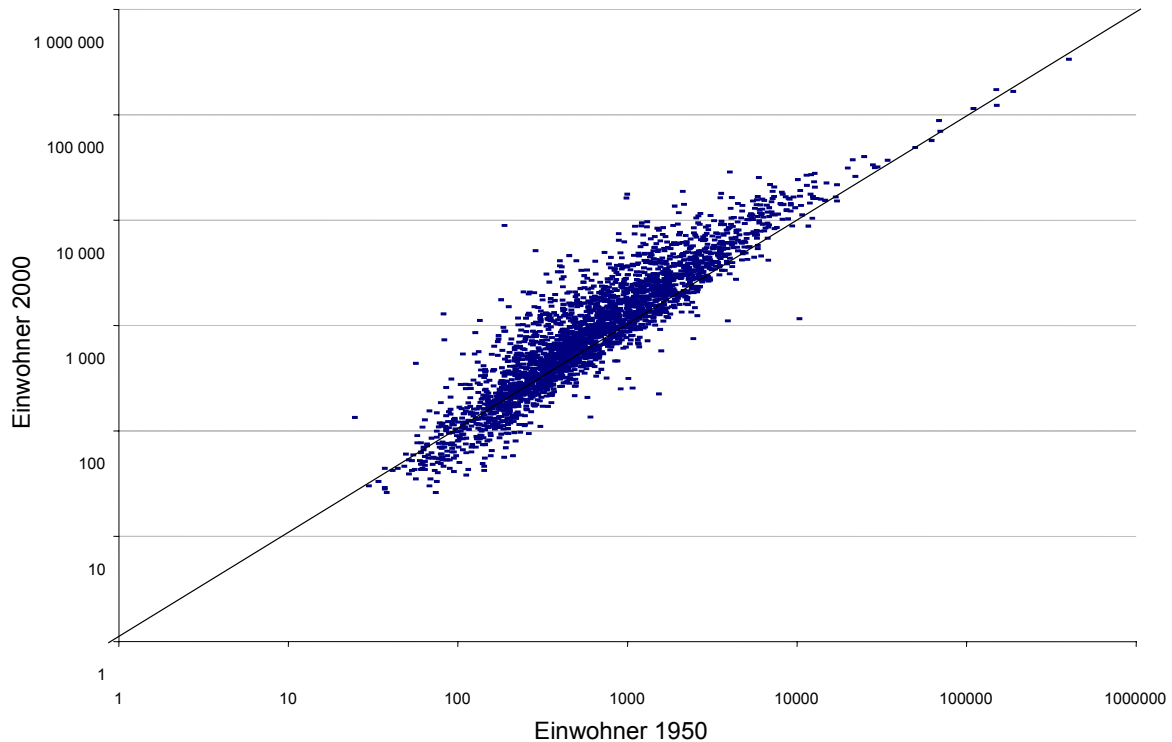
Nach den oben gemachten, generellen Aussagen stellt sich nun die Frage nach den unterschiedlichen Wachstumsmustern der Gemeinden. Tabelle 10 gibt darüber Auskunft. Die mittlere Gemeindegrösse hat von 1'600 Einwohnern im Jahr 1950 auf gut 2'500 im Jahr 2000 zugenommen, wobei der Median nur um gut 300 angestiegen ist. Dabei sind die grössten Gemeinden auch prozentual am stärksten gewachsen.

Tabelle 10 Bevölkerungsentwicklung der Gemeinden in den letzten 50 Jahren

		1950	1960	1970	1980	1990	2000
Mittelwert		1631.49	1878.57	2169.48	2203.42	2368.52	2512.07
Median		556.50	563.50	615.00	670.00	764.00	871.50
Stabw.		9575.45	10954.42	11013.48	9850.64	9826.93	9762.93
Perzentile	25 %	276.00	270.00	263.50	269.00	309.00	343.75
	75 %	1288.00	1404.75	1615.25	1751.00	2017.75	2235.00

Wie ist das Bevölkerungswachstum vonstatten gegangen? Welche Gemeinden haben sich wie verändert? Gibt es Zusammenhänge zwischen Grösse und Wachstum? Das doppellogarithmisch skalierte Diagramm in Abbildung 13 gibt Einwohnerzahlen sämtlicher schweizerischen Gemeinden zu zwei Zeitpunkten wieder: 1950 und 2000. Punkte oberhalb der Diagonalen stellen Gemeinden dar, welche gewachsen sind, Gemeinden unterhalb der Diagonalen haben an Bevölkerung verloren. Dabei sind deutliche Entwicklungsunterschiede nach Gemeindegrössen festzustellen. So sind die grössten 20 Gemeinden gleichmässig gewachsen. Bei den mittelgrossen Gemeinden 1950 zwischen 5'000 und 30'000 Einwohnern ist aber eine markante Zunahme zu verzeichnen. Bei Gemeinden von weniger als 500 Einwohnern ist die Bevölkerungsentwicklung sehr heterogen und ein deutlicher Trend ist nicht feststellbar. Bei einer zunehmend kleineren Gemeindegrösse ist allerdings eine Tendenz zu schwächerem Wachstum, gar zu Bevölkerungsverlust sichtbar. Zusammenfassend gesehen haben mittelgrosse Gemeinden mit zwischen 5'000 und 30'000 Einwohnern am meisten zulegen können.

Abbildung 13 Bevölkerungsentwicklung in den Gemeinden der Schweiz



7.3 Die Städtehierarchie der Schweiz

Rang-Grössen-Diagramme geben Aufschluss darüber, in welcher Hierarchie die Gemeinden zueinander stehen (vgl. dazu Zipf, 1949). Dabei werden sie nach ihrer Grösse aneinandergereiht. Im logarithmischen Diagramm in Abbildung 14 zeigt q (die Steigung der Regressionsgeraden) das Verhältnis an, in welchem die Städte zueinander stehen.

Der Fokus liegt bei dieser Untersuchung auf den grössten 30 Gemeinden. Bei Einbezug weiterer (kleinerer) Gemeinden würde die Korrelation zwischen Grösse und Rang zunehmend schwächer (vgl. dazu Brakman et al., 2001). Da sich die Städtehierarchien über die Zeit nur langsam verändern, wird hier der Beobachtungszeitraum erweitert und die Intervalle auf 50 Jahre gesetzt.

Ein Modell über die relative zentralörtliche Bedeutung von Städten ist die von Zipf, 1949, operationalisierte Rang-Grössen-Regel oder auch *Zipf's Law*. Die Rang-Grössen-Regel beschreibt die Beziehungen und das Hierarchiegefüge der verschiedenen Gemeinden innerhalb

eines bestimmten Bezugsgebietes (siehe Brakman et al., 1999):

$$P_R = P_1 * R^{-q} \quad (12)$$

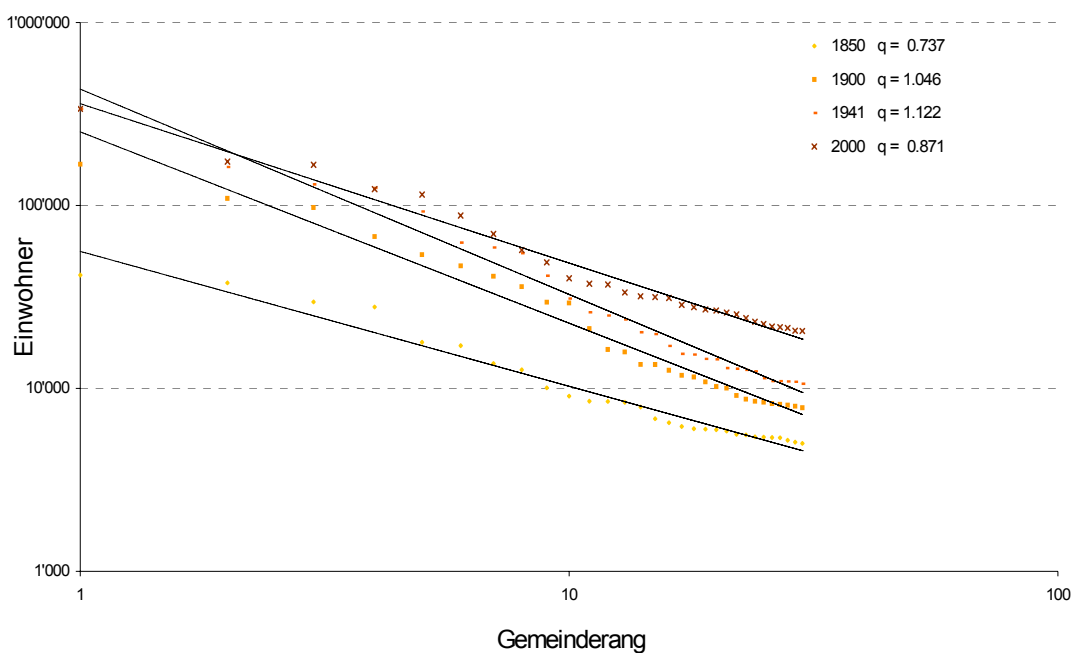
dabei ist

P_R die Einwohnerzahl der Gemeinde des R -ten Ranges

P_1 die Einwohnerzahl der grössten Gemeinde des Untersuchungsraumes (für die grösste Gemeinde: $R = 1$)

q eine den Zentralisierungsgrad eines Siedlungsgefüges kennzeichnender Parameter (Unter *Zipf's Law* ($q = 1$) ist die grösste Siedlung exakt k mal so gross wie die k -te Siedlung)

Abbildung 14 Rang-Grössen-Diagramm der 30 grössten Gemeinden der Schweiz



In der doppellogarithmischen Transformation der Abbildung 14 erscheint die Rang-Grössenkurve der 30 grössten Gemeinden der Schweiz (Reihung der Gemeinden nach ihrer Einwohnerzahl) als eine Gerade. Ist der Betrag der Steigung $q = 1$, stehen die Gemeinden proportional zueinander, und zwar so, dass die zweitgrösste Gemeinde exakt halb so gross ist wie diejenige auf dem ersten Rang.

Charakteristisch für die Schweiz ist die relativ geringe Steigung der Gerade was eine flache Städtehierarchie ausdrückt, wie sie typisch für föderal aufgebaute Staaten ist. Dieselben Berechnungen für das zentralistisch organisierte Frankreich mit Paris als markant dominierende Hauptstadt und abgeschwächt auch für Schweden oder Russland ergeben viel höhere Steigungswerte, währenddem in den USA oder für die BRD die Gerade wiederum flacher verlaufen würde (vgl. Lloyd und Dicken, 1990). Ein grundsätzliches Problem dabei ist hier allerdings die Städtehierarchie mit der Kernstadthierarchie gleich zu setzen, denn die übrigen Agglomerationsgemeinden sind hier ausgeklammert.

Abbildung 15 Die Steigung q der Rang-Grössenkurven der 30 grössten Gemeinden der Schweiz seit 1850

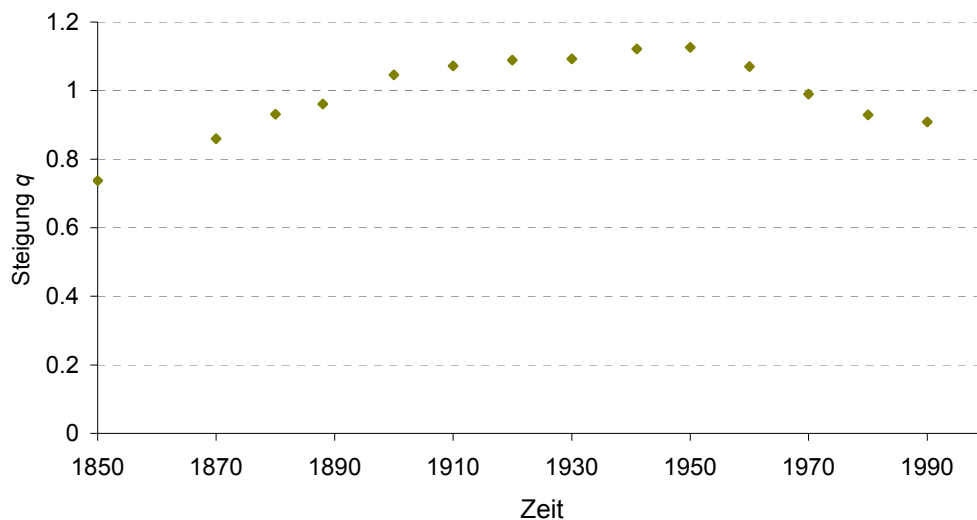


Abbildung 15 gibt die kontinuierliche Entwicklung der Steigung q der Rang-Grössenkurven wieder. Beim Vergleich der einzelnen Kurven über die Zeit fällt eine bis 1941 stetig anwachsende Steigung q auf. Die grössten Städte sind stärker gewachsen als die kleineren. Sie waren grössere Anziehungspunkte für die Bevölkerung. Das stetige Wachstum der grossen Städte führte zu einer kontinuierlichen Bevölkerungskonzentration. Ab 1950 zeichnet sich eine Trendumkehr ab; erstmals wird die Rang-Grössenkurve wieder flacher, die Städtehierarchie verändert sich, die mittelgrossen Städte gewinnen verhältnismässig und die Bevölkerung verteilt sich gleichmässiger auf die grössten 30 Städte. Ein ähnlicher Verlauf wird auch in anderen vergleichbaren Ländern konstatiert. So ermittelt Brakman, 2001, etwa für die Niederlande

Werte für q von 0.55 für das Jahr 1600, 1.03 für 1900 und 0.72 für 1990.

7.4 Räumliche Bevölkerungsverteilung und –konzentration

Neben der Frage, wie sich die Städtehierarchie über die Zeit entwickelt hat, interessiert allgemein, wie hat sich die Bevölkerung über den Raum verteilt und wie sich diese Verteilung über die Zeit ändert. Dabei stehen folgende Fragen im Zentrum: Sind Tendenzen vorhanden? Und wenn ja, sind sie überall gleich, oder gibt es regionale Unterschiede und Besonderheiten?

7.4.1 Lorenzkurven und Gini Indizes

Ein Indikator für die Bevölkerungsverteilung ist die Lorenzkurve (siehe Abbildung 16). Die Lorenzkurve stellt die relative Einwohnerkonzentration dar, d. h. die Verteilung der Bevölkerung auf die Gemeinden. Je näher die Kurve an der Diagonalen liegt, umso gleichmässiger ist die Bevölkerung über die Gemeinden verteilt (Entspricht die Kurve der Diagonalen [= Gleichverteilungsgerade], so sind alle Gemeinden punkto Bevölkerung gleich gross). Der Gini-Index ist ein Mass der Konzentration. Er misst das Verhältnis der Fläche unterhalb der Kurve zur Gesamtfläche unterhalb der Diagonalen. Gini = 1: extrem unausgeglichene Verteilung, Gini = 0: extrem ausgeglichene Verteilung. Der Gini-Index kann als Mass der räumlichen Einwohnerkonzentration angesehen werden.

Der Gini-Index nimmt in der Schweiz über die Jahre kontinuierlich zu und erreicht 1970 mit einem Wert von gut 0.7 seinen höchsten Wert. In den letzten beiden Jahrzehnten ist nun aber ein stetiges Absinken dieses Wertes zu verzeichnen.

Wie schon durch die Rang-Grössenkurven gezeigt, ist die Bevölkerungskonzentration seit 1850 stetig vorangeschritten (Urbanisierung) und erreichte 1970 ihren bisherigen Höhepunkt (tiefster Gini-Wert der Messreihe, mehr als 66 % der Bevölkerung lebten in den 10 % grössten Gemeinden). Danach trat die Suburbanisierung ein. Wie im Scatterdiagramm gezeigt, gehören allerdings in erster Linie die mittelgrossen Gemeinden zu den Gewinnern, während die ganz kleinen Gemeinden tendenziell an Bevölkerung eingebüsst haben.

Abbildung 16 Bevölkerungverteilung in der Schweiz (Lorenzkurven nach Gemeinden)

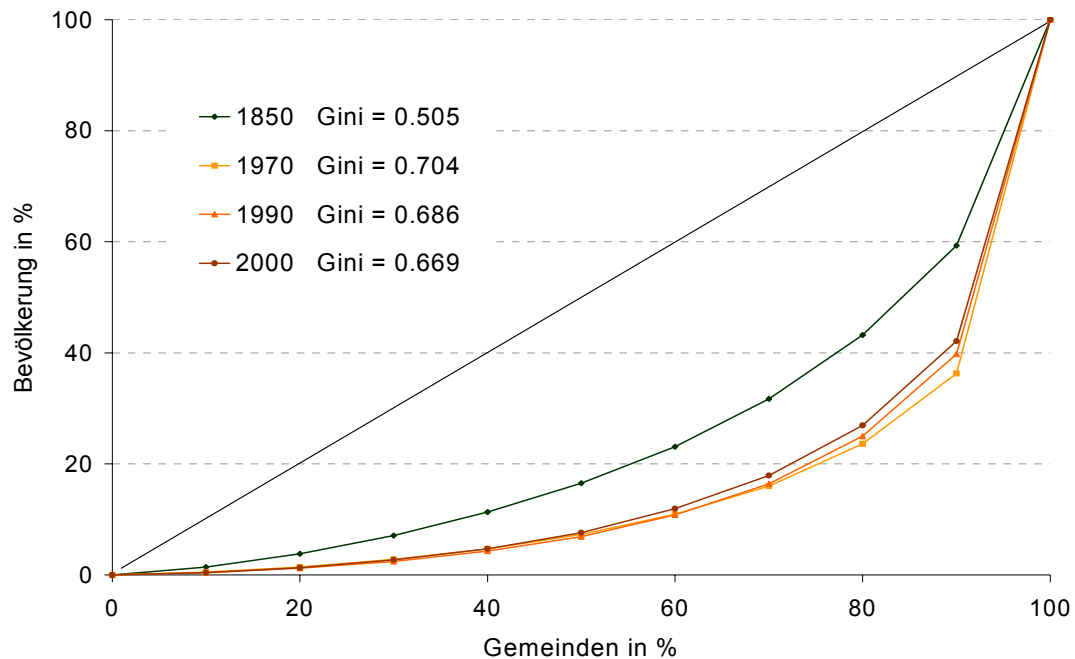
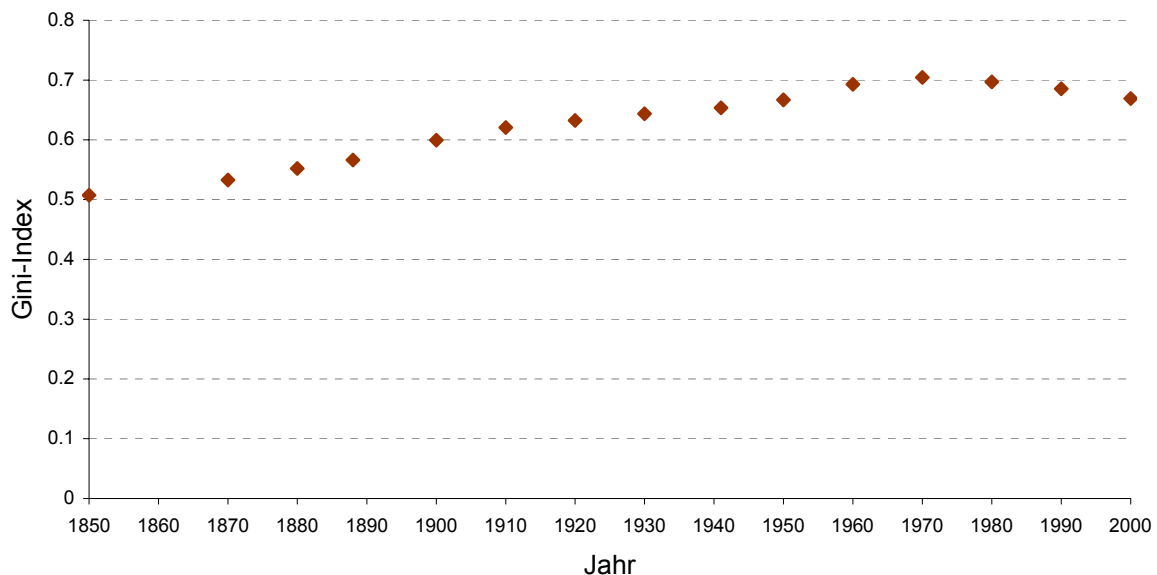


Abbildung 17 gibt alle Gini Indizes seit 1850 wieder. Dabei zeigt sich die Entwicklung deutlich: Einem kontinuierlichen Anstieg der Gini Werte bis 1970 (Urbanisierungsprozess) folgt eine abrupte Kehrtwende, die Gini Werte nehmen wieder ab und die Bevölkerung teilt sich demzufolge, gesamthaft über die Schweiz gesehen, wieder gleichmässiger auf die Gemeinden auf.

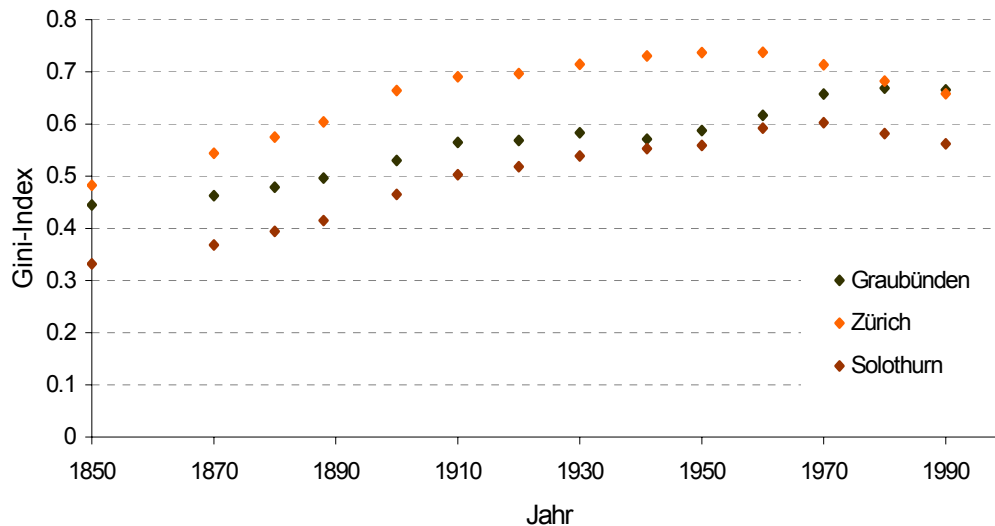
Abbildung 17 Bevölkerungskonzentration in der Schweiz (Gini-Index)



Hat sich diese für die Schweiz gesamthaft festgestellte Trendumkehr ab 1970 in allen Regionen vollzogen? Ist sie simultan erfolgt oder ergeben sich Differenzen? In Abbildung 18 werden die Gini-Indizes von drei unterschiedlichen Kantonen miteinander verglichen. Ausgewählt wurden die Kantone Zürich, welcher die urbanen Metropolitanräume repräsentiert, Solothurn, welcher die von Kleinzentren geprägten Regionen zwischen den Grossagglomerationen darstellt, sowie der periphere und alpine Kanton Graubünden. Zum einen fallen die schon besprochenen unterschiedlich hohen Werte der Gini-Indizes für die verschiedenen Kantone auf. Zum anderen ist bei allen drei Kurven eine Dreiteilung des Kurvenverlaufs feststellbar: Zuerst eine von 1850 bis 1910 dauernde, starke Zunahme des Wertes. Danach schwächt sich der Trend ab und sinkt im Falle Graubündens zwischenzeitlich sogar wieder. Bei allen Kantonen stellt sich sodann eine deutliche Trendwende ein, Ab 1950 in Zürich, ab 1960 in Solothurn und ab 1980 in Graubünden.

Je urbaner der Kanton, je grösser der Agglomerationsanteil am Gesamtgebiet, desto früher sinken die Gini-Indizes wieder.

Abbildung 18 Gini-Indizes der Kantone Solothurn, Zürich und Graubünden



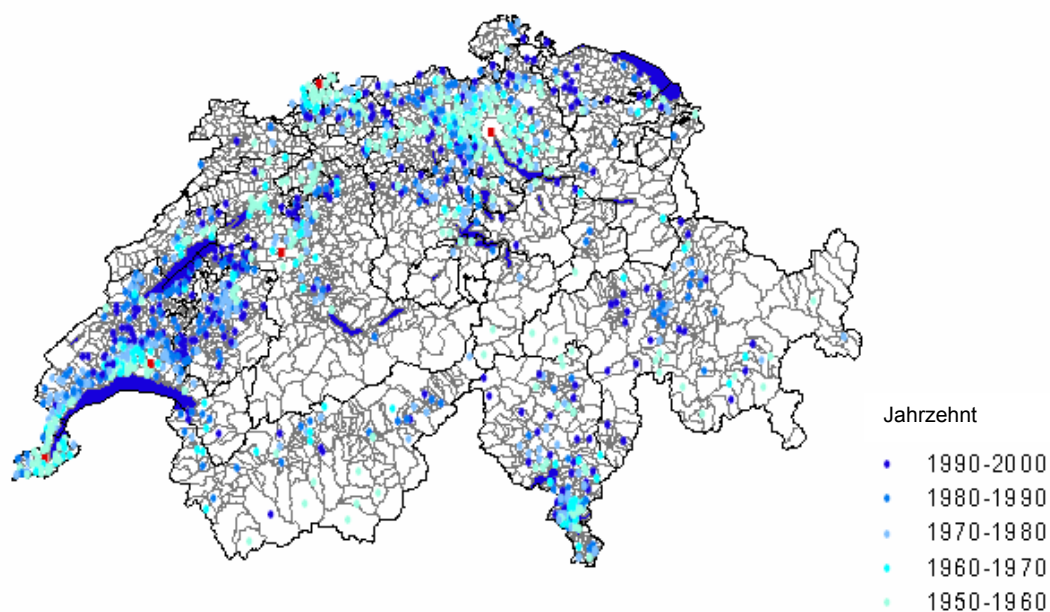
7.5 Die Agglomerationen und ihre Ausbreitung

Wenn der Fokus von der Gesamtschau weg auf die Gemeinden als solche und somit auf einen verstärkt räumlichen Gesichtspunkt gelegt wird, können offenkundige Unterschiede in der räumlichen Bevölkerungsentwicklung festgestellt werden (siehe Abbildung 19). Farblich markiert sind alle Gemeinden, welche zum ersten mal mehr als eine Standardabweichung vom Mittel des gesamtschweizerischen Wachstums gewachsen sind. Ist eine Gemeinde in mehr als einer Dekade überdurchschnittlich gewachsen, so ist die erste Dekade markiert. Die roten Rechtecke markieren die Kernstädte der fünf grossen Metropolitanregionen Zürich, Genf, Basel, Bern und Lausanne.

In den Jahren nach 1950 kann eine erste Welle der Suburbanisierung festgestellt werden. Dies zuerst um Zürich, Basel und um Genf. In dieser Zeit wächst ein innerer Kreis um die Kernstädte der Agglomerationen sehr schnell. Während den nächsten Jahrzehnten hält dieses Wachstum in den urbanen Regionen an, aber die Bevölkerung wächst vor allem an den Rändern der Agglomerationen (simultan zu den sinkenden Werten des Gini Indexes in Abbildung 18). Schlussendlich, im Jahrzehnt zwischen 1990 und 2000 wachsen die sich stetig vergrößernden Metropolitanräume zusammen (dies in erster Linie zwischen Zürich und Basel, sowie

dem Genfersee entlang zwischen Genf und Lausanne). Sehr schön zu sehen ist die Welle des Wachstums über die Zeit auch in der Grossagglomeration Lugano/Locarno. Gemeinden, welche je ein starkes Wachstum erfahren haben, finden sich fast ausschliesslich im Mittelland zwischen Genfer- und Bodensee, am Rheinknie, sowie im südlichen Tessin. Alpine Regionen und der Jurabogen konnten von diesem Bevölkerungswachstum kaum profitieren. Einzig vereinzelte Talgemeinden im Wallis und Graubünden, sowie touristische Gemeinden namentlich in den Walliser Südtälern und im Oberengadin waren im alpinen Raum in der Lage die Einwohnerzahlen markant zu steigern.

Abbildung 19 Entwicklung der Metropolitanräume



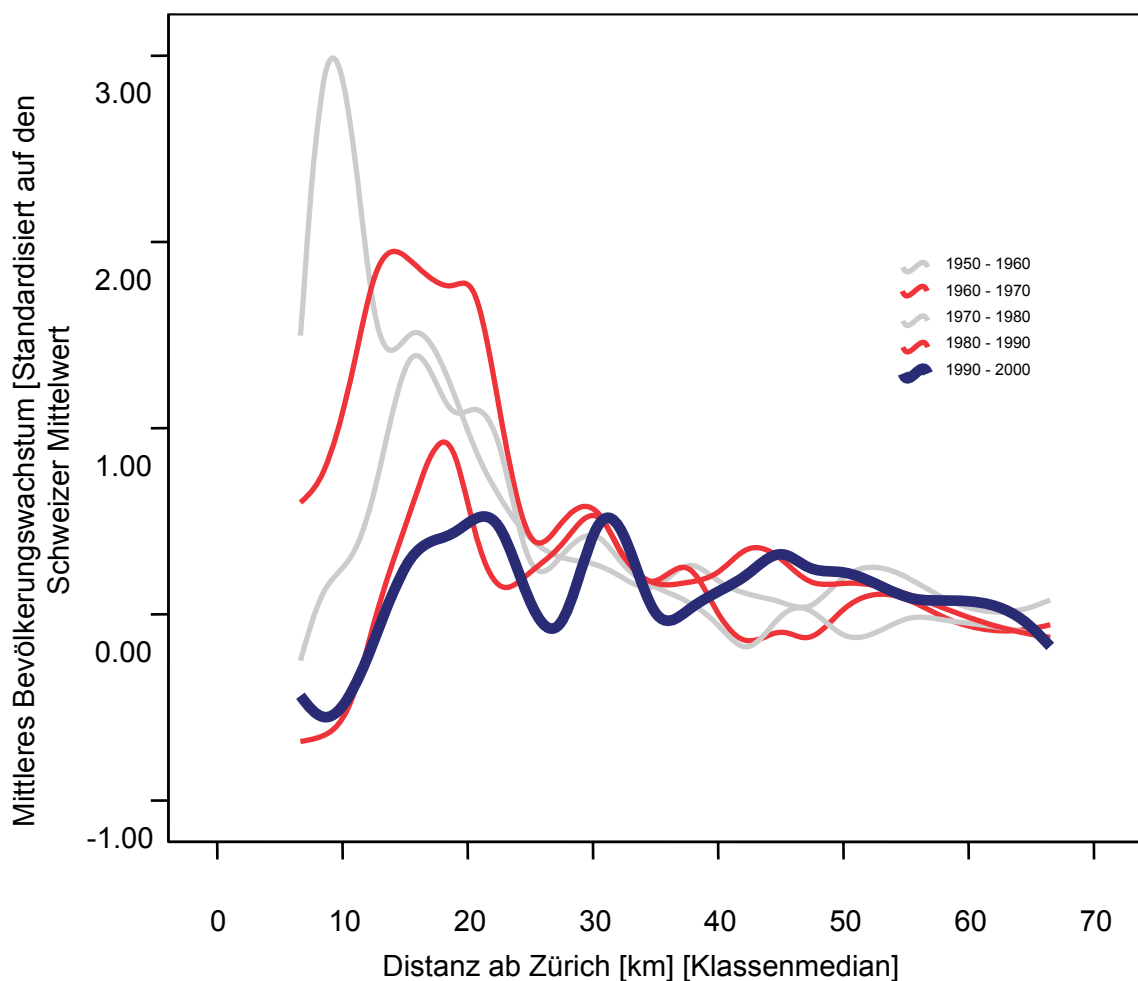
7.5.1 Das Bevölkerungswachstum in der Agglomeration Zürich

Die gewonnenen Erkenntnisse zur räumlichen Verteilung des Bevölkerungswachstums erfordern, die Agglomerationen im Detail zu untersuchen. Dies soll anhand des grössten Metropolitanraumes, dem Grossraum Zürich erfolgen. In Abbildung 20 ist das Bevölkerungswachstum relativ zum schweizerischen Mittel (um externe Einflüsse, wie die Immigration auszublenden) und in Abhängigkeit zur metrischen Distanz im Strassennetz (gemäss den in Kapitel 6 beschriebenen Verkehrsmodellen) zum Agglomerationszentrum abgebildet.

Ein Wert von Null entspricht dem mittleren Wachstum der Schweizer Gemeinden; ein Wert

von eins einem Wachstum von plus einer Standardabweichung der Verteilung der Wachstumsraten. Die Werte wurden über 5 km, respektive 10 km Intervalle gemittelt. Man beachte, dass sich die Wachstumsfront 1950 noch an den Stadtgrenzen von Zürich lag und sich dann über die Zeit immer weiter vom Zentrum entfernte. 1990 und 2000 befand sie sich in etwa 45 km Distanz vom Stadtkern. Winterthur und das Glattal haben ihre eigene Dynamik.

Abbildung 20 Bevölkerungswachstum im Zürcher Umland relativ zum Schweizer Durchschnitt



Im Verlauf der Jahrzehnte schwächen sich sowohl das Gesamtwachstum, wie auch die räumlichen Wachstumsunterschiede zwischen Innenstadt und Peripherie immer stärker ab. Eine klare Wachstumsfront ist im Jahr 2000 nicht mehr ersichtlich.

Abbildung 21 Bevölkerungswachstum im Zürcher Umland relativ zum Schweizer Durchschnitt IV

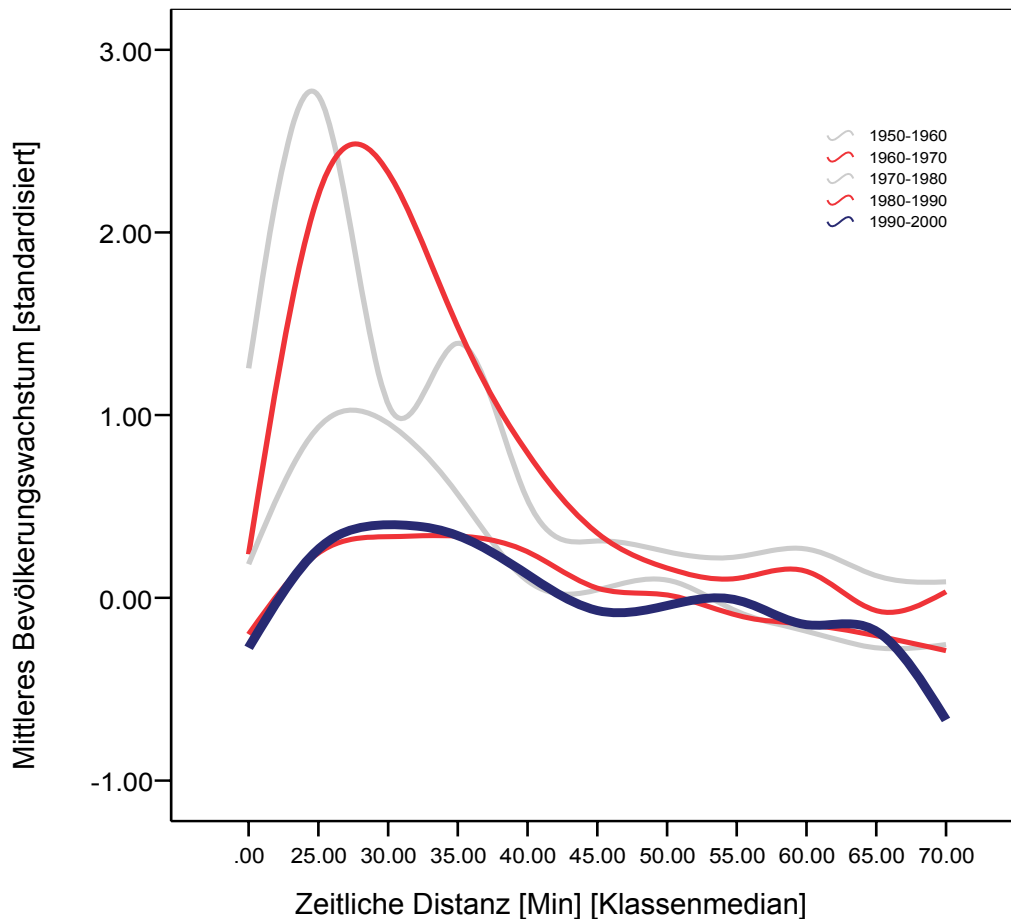
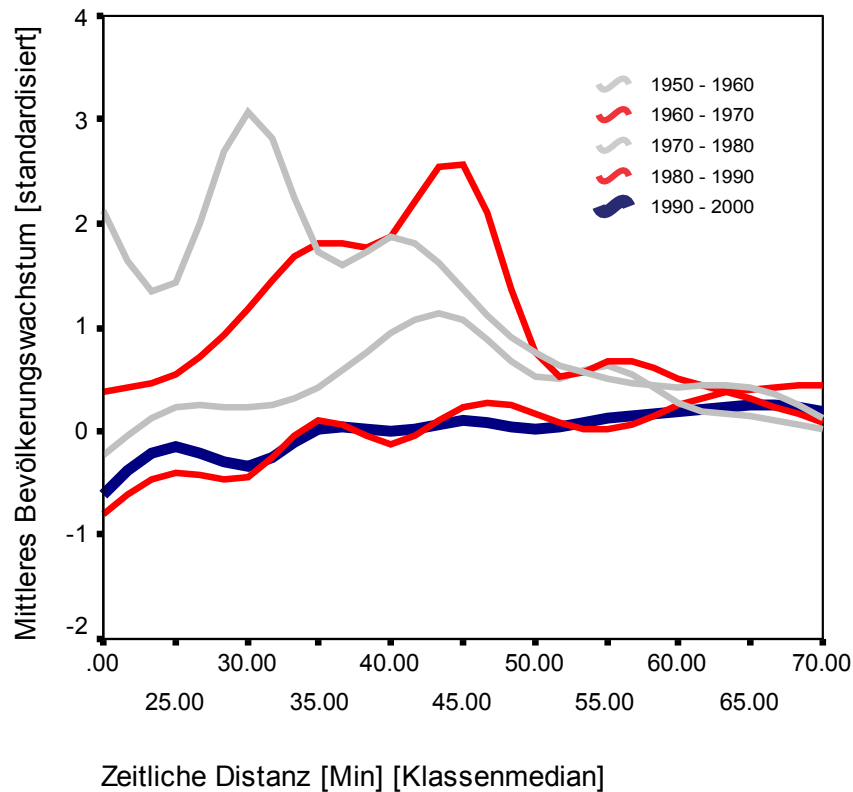


Abbildung 21 zeigt statt der metrischen Distanz die zeitliche Entfernung im IV vom Agglomerationszentrum. Interessant ist hierbei, dass sich die Wachstumsfront, welche oben über die Zeit gewandert ist, hier über die Jahrzehnte stabil bei ca. 30 Minuten Zeitaufwand vom Zentrum befindet. Wie auch oben gesehen, nimmt die Amplitude der Welle kontinuierlich ab. Abbildung 22 zeigt sodann die zeitliche ÖV Entfernung von der Zürcher Innenstadt. Eine Wachstumsfront ist hier nicht auszumachen, der Trend, dass sich die Orte mit dem grössten Wachstum weg vom Zentrum bewegte ist aber auch hier feststellbar.

Abbildung 22 Bevölkerungswachstum im Zürcher Umland relativ zum Schweizer Durchschnitt ÖV



7.6 Entwicklung und Verteilung der Arbeitsplätze in der Schweiz

Abbildung 23 gibt die Entwicklung der Arbeitsplätze über die letzten fünf Jahrzehnte wieder. Um die Daten in einem grösseren Kontext vergleichen zu können, wird eine Shiftanalyse vorgenommen (Für den theoretischen Hintergrund der Shiftanalyse siehe z. B. Bathelt et al, 2002). Shiftanalysen vergleichen die Entwicklung eines Ortes/ einer Region zwischen den Zeitpunkten 0 und t mit einer entsprechenden Gesamtentwicklung (Längs- und Querschnittsvergleich) wie folgt:

$$R = \frac{b_t}{b_0} / \frac{B_t}{B_0} \quad (13)$$

wobei:

R = Regionalfaktor

bo, t = Arbeitsplätze in der Region im Zeitpunkt 0 bzw. t

Bo, t = Arbeitsplätze im Gesamtgebiet im Zeitpunkt 0 bzw. t

Der Regionalfaktor (13) misst die Entwicklung der Arbeitsplätze in der Region an jener des Gesamtgebietes.

$R = 1$ Regionale Arbeitsplatzentwicklung entspricht der totalen Arbeitsplatzentwicklung

$R > 1$ Wachstumsfördernde regionale Besonderheit

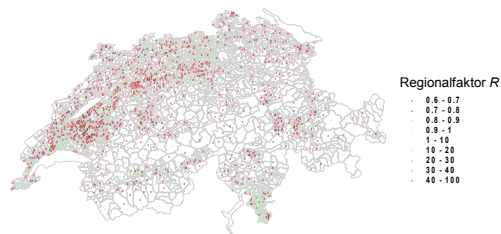
$R < 1$ Wachstumshemmende regionale Besonderheit

Als Region wird in diesem Fall die Gemeinde als Einheit gewählt, als Gesamtgebiet wird die Schweiz angenommen. Zur Berechnung der Arbeitsplätze werden diejenigen der Sektoren 2 und 3 hinzugezogen. Die Differenz zwischen dem Zeitpunkt 0 und dem Zeitpunkt t ist 10 Jahre (1995-2001: 6 Jahre).

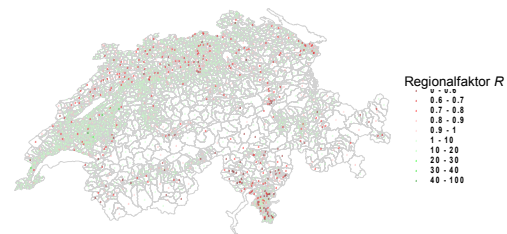
Die Shiftanalyse der Arbeitsplätze zeigt, dass Regionen mit unterdurchschnittlicher Arbeitsplatzentwicklung in den Zwischenräumen des Mittellandes (Solothurn-Bern, aber auch im Dreieck Fribourg-Yverdon-Murten), im Jura und in wenig touristischen Gebieten im Alpenraum (abgelegene Teile des Tessins, Graubünden (insbesondere Surselva), hinterer Teil des Kantons Glarus) liegen.

Abbildung 23 Shiftanalyse Arbeitsplatzentwicklung 1950-2001 (Sektor 2 und 3)

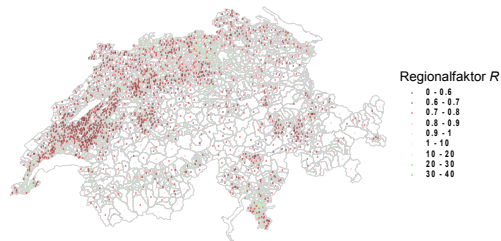
1955-1965



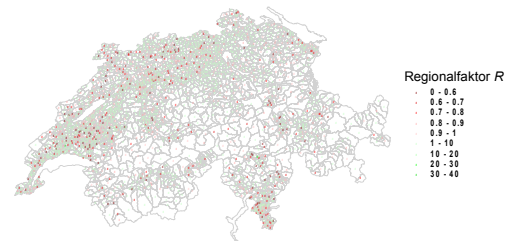
1965-1975



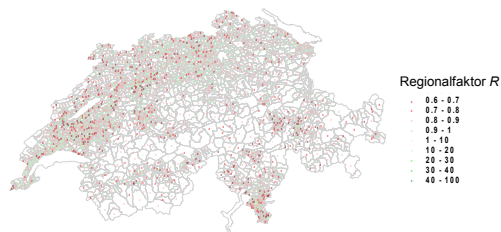
1975-1985



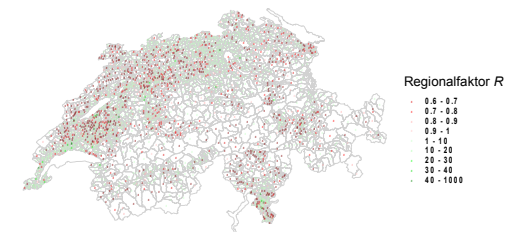
1985-1995



1995-2001



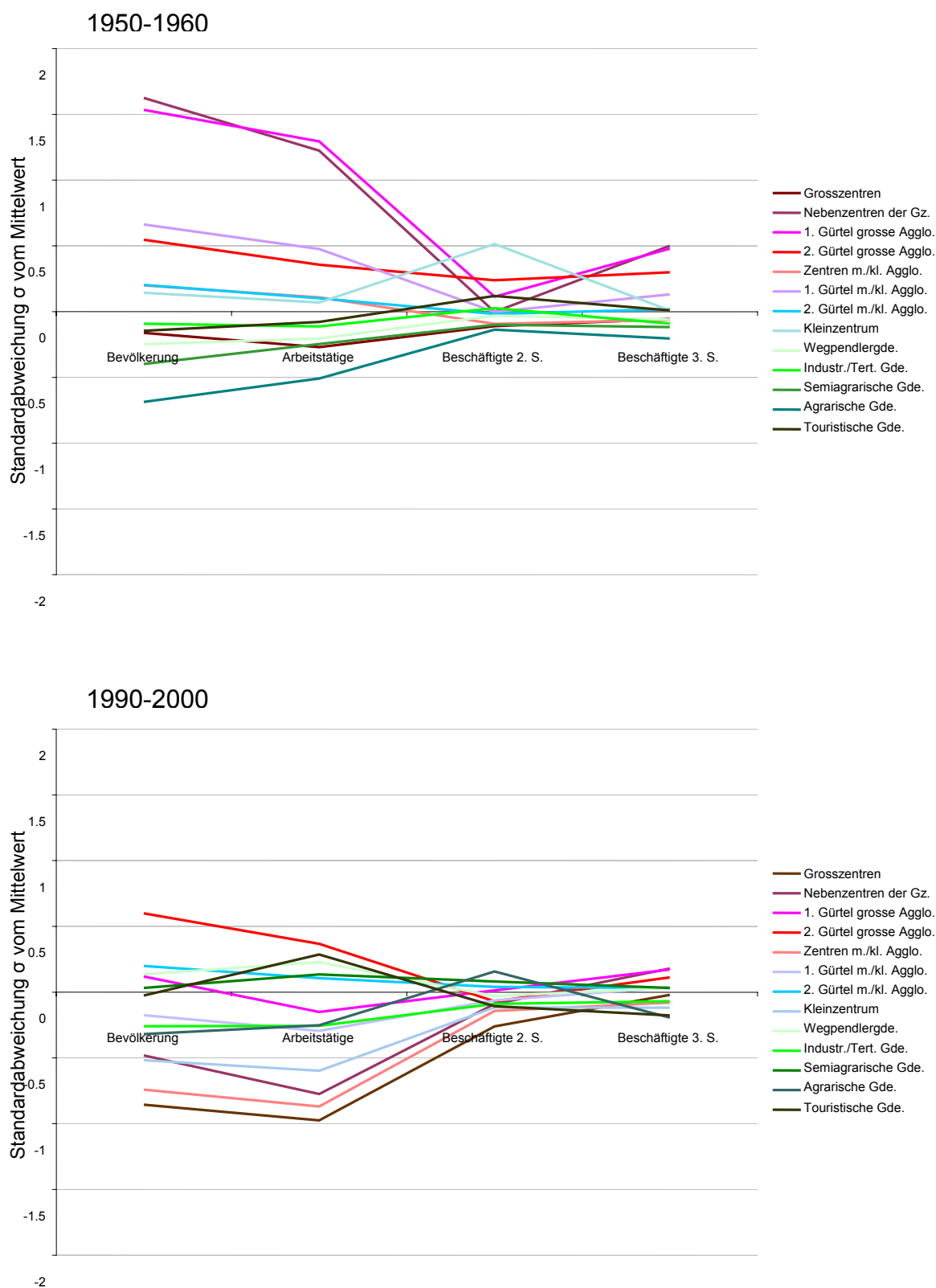
1955-2001



7.7 Das Mittelwertprofil der Entwicklungsdynamik nach Gemeindetypen

Um das gewonnene Bild der räumlichen Verteilung abzurunden, wird nun eine Charakterisierung der Entwicklungsdynamik der Gemeinden vorgenommen.

Abbildung 24 Mittelwertprofile der Entwicklungsdynamik nach Gemeindetypen



Dabei werden die Gemeinden nach 13 Gemeindetypen nach einer vom ARE entworfenen Typologie unterteilt.

Diese Typologie reicht von Grosszentren bis rurale Gemeinden und klassifiziert sie dabei wie folgt: 1. Grosszentren, 2. Nebenzentren der Grz, 3. 1. Gürtel grosse Agglo, 4. 2. Gürtel grosse Agglo, 5. Zentren mittl./kl. Agglo., 6. 1. Gürtel mittl./kl. Agglo., 7. 2. Gürtel mittl./kl. Agglo., 8. Kleinzentren, 9. Wegpendlergemeinden, 10. Industr./tert. Gemeinden, 11. Semiagrar. Gemeinden, 12. Agrarische Gemeinden und 13. Touristische Gemeinden (siehe für eine kartographische Darstellung Anhang A2).

Abbildung 24 stellt die Mittelwertprofile der Entwicklung ausgewählter Attribute der genannten 13 Gemeindetypen dar. Dargestellt sind die Gemeindetypen von urban (rot dargestellt) bis rural (grün eingefärbt), dies für die Dekade nach 1950 und derjenigen zwischen 1990 und 2000. Wiederum interessieren aber nicht die absoluten Werte, sondern die Entwicklungsdynamik der einbezogenen Attribute. Einbezogen werden so die Entwicklung (Δ) der Bevölkerung, der in der Gemeinde wohnhaften Erwerbstätigen, sowie der in der Gemeinde Beschäftigten, aufgeteilt nach den Wirtschaftssektoren 2 und 3. Dargestellt werden jeweils die Positionen eines jeden Attributes, dargestellt in Standardabweichungen vom schweizerischen Mittelwert, was sodann zu einem typischen Entwicklungsprofil jedes Gemeindetyps führt.

Während in den 1950er Jahren das Wachstum sehr stark von der Zentrumsnähe abhängig ist, starkes Wachstum der urbanen (roten) Gemeindetypen, unterdurchschnittliche Entwicklung der ruralen (grünen) Typen, sowie durchschnittliche Entwicklung in den Zwischenräumen, ist ein derartiges Zentrum-Peripheriegefälle nach 1990 nicht mehr festzustellen. Weiter fällt auf, dass die Unterschiede der Bevölkerungsentwicklung (Einwohnerentwicklungen und Entwicklung der in der Gemeinde wohnhaften Arbeitstätigen) zwischen den Gemeindetypen in beiden untersuchten Dekaden viel ausgeprägter ist als die Entwicklung der Beschäftigten, welche sich über alle Gemeindetypen relativ homogen entwickeln.

7.8 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde die Entwicklung der Grösse der Schweizerischen Gemeinden, die Relation, in der sie zueinander stehen, sowie die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzverteilung und deren Entwicklungsdynamik analysiert.

Die Bevölkerung in der Schweiz hat sich seit 1850 nahezu verdreifacht. Dabei beschränkte sich das Wachstum lange Zeit auf die Kernstädte der grossen Mittellandzentren. Die Industrialisierung, der Niedergang der Landwirtschaft, der Übergang zur industriellen Massenpro-

duktion konzentrierten die Arbeitsplätze und damit die Bevölkerung. Die Menschen waren im 19. und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhundert in ihrer Mobilität stark eingeschränkt. Der Arbeitsplatz musste innerhalb nützlicher Frist zu Fuss oder per Fahrrad erreichbar sein. Die Menschen folgten der Arbeit in die Grossstädte. Dabei wurden die grossen Gemeinden grösser, die kleinen dagegen haben an Einwohnern verloren. Die Mittelwertprofile der Gemeindetypen zeigen den starken Zusammenhang zwischen hoher Wachstumsdynamik und Zentrumsnähe um 1960 deutlich.

Dieser Prozess der Konzentration endete spätestens mit dem Beginn der Hochkonjunktur in den 1960er Jahren. Sowohl bei den Steigungen der Rang-Grössenkurven (30 grösste Gemeinden), als auch bei den Gini-Indizes (alle Gemeinden) sind markante Trendwenden ab 1950 in urbanen Regionen, respektive ab 1960 in ruralen und ab 1990 in alpinen Gebieten zu erkennen. Auch die Mittelwertprofile der Entwicklungsdynamik nach Gemeindetypen zeigen in den 90er Jahren, dass Wachstumsdynamik nicht mehr in dem gesehenen Masse von der Zentrumsnähe abhängig ist. Auf den ersten Blick scheint sich die Bevölkerung wieder gleichmässiger über das Land zu verteilen.

Das relative Wachstum der Gemeinden, wie es in Abbildung 19 dargestellt ist, relativieren das Bild jedoch: Die festgestellte Dekonzentration der Bevölkerung verteilt sich nicht gleichmässig über das Land. Diejenigen Regionen, in welchen sich die Dekonzentration der Bevölkerung manifestiert, liegen allesamt in Randgebieten der Metropolitanräume oder in deren Zwischenräumen des Mittellandes.

Der markante Kaufkraftanstieg in der Nachkriegszeit führte zu einer Individualisierung und einer gleichzeitigen Massenmobilisierung der Gesellschaft. Das Auto wurde für weite Kreise der Bevölkerung erschwinglich. Die Folge war ein Bauboom (Einfamilienhaussiedlungen) innerhalb der Agglomerationen, wobei die sich immer weiter ausdehnten. Diesem gesellschaftlichen Wandel folgte ein massiver Ausbau der (Individual-) Verkehrsinfrastruktur und die Erreichbarkeit nahm massiv zu (vgl. Fröhlich und Axhausen, 2002). Arbeits- und Wohnort konnten immer weiter auseinander gelegt werden.

Die erwähnte, sich seit einigen Jahrzehnten manifestierende Dekonzentration der Bevölkerung ist denn in erster Linie vor allem eine Folge dieser Ausbreitung der Agglomerationen im Mittelland. Periphere, gebirgige Regionen werden von dieser Entwicklung weniger stark oder gar nicht erfasst, was z. B. die späte und auch abgeschwächte Trendwende (erst ab 1980) der Reihe der Gini-Indizes für den Kanton Graubünden zeigt.

8 Die Erreichbarkeit und ihre Entwicklung

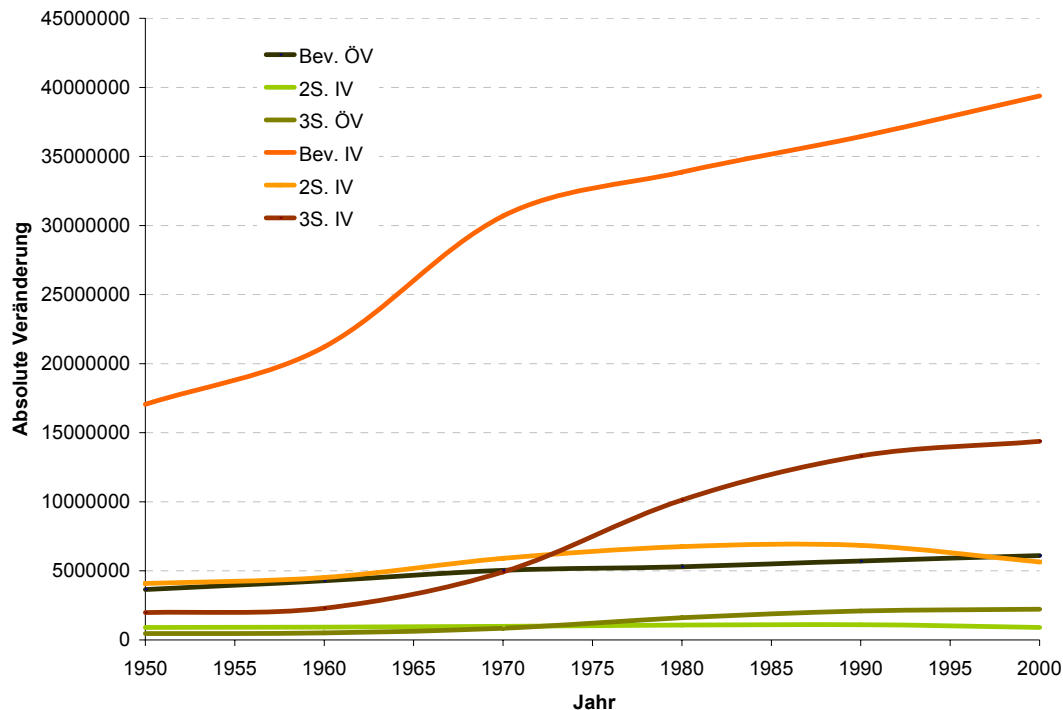
In Kapitel 4 wurde die Erreichbarkeit beschrieben und anhand des Potentialmodells operationalisiert. Weiter wurden die zugrunde liegenden Annahmen zu den einzelnen Komponenten der Modellformel getroffen. Die so definierten Potentiale wurden nun anhand der Raumstrukturdaten und der digitalen Verkehrsmodelle für das Attraktivitätsmerkmal Bevölkerung für die Verkehrsmittel des ÖV und des IV berechnet. Das Potential wurde dann analog zu dem der Bevölkerung auch für Arbeitsplätze des zweiten und dritten Wirtschaftssektors, sowie für das Total von Bevölkerung und den Arbeitsplätzen dieser beiden Sektoren errechnet. Die Verteilung der letztgenannten Potentiale wird hier nicht räumlich dargestellt, deren globale Entwicklung wird aber zusammen mit der Personenerreichbarkeit vergleichshalber nachgezeichnet. Auch fliessen sie in die Modellschätzungen in den Kapiteln 9 – 11 mit ein.

In einem ersten Teil werden die verschiedenen Potentiale über die ganze Schweiz global verglichen. Dabei interessieren deren Entwicklungen über die Zeit. In einem zweiten Teil wird das errechnete Potential der Personenerreichbarkeit jeder Gemeinde, sowie deren räumliche Verteilungen über die letzten 50 Jahre nachgezeichnet und beschrieben, dies sowohl für den ÖV und den IV.

8.1 Die Potentiale und deren Entwicklung

Im betrachteten Zeitfenster von 1950 bis 2000 hat sich das IV Potential für die Bevölkerung aller Gemeinden für die ganze Schweiz mehr als verdreifacht, während die Wohnbevölkerung in der gleichen Zeit bloss um 55 % zunahm (Abbildung 25). Vor allem ab 1960 ist ein markanter Anstieg der Potentialwerte festzustellen, welche bis 1990 zunahmen. Zwischen 1990 und 2000 jedoch war die Zunahme betragsmässig wieder in etwa gleich stark wie zwischen 1950 und 1960. Ebenso deutlich, aber auf geringerem Niveau hat sich das IV Potential für die Arbeitsplätze des dritten Sektors entwickelt. Der grosse Wachstumsschub hat hier allerdings erst 1980 eingesetzt. Auch das IV Potential für die Arbeitsplätze des zweiten Sektors hat ab 1960, wenn auch ungleich weniger stark, zugenommen, nimmt aber ab 1990 sogar ab. Dieselben Entwicklungen sind auch für die ÖV Potentiale feststellbar.

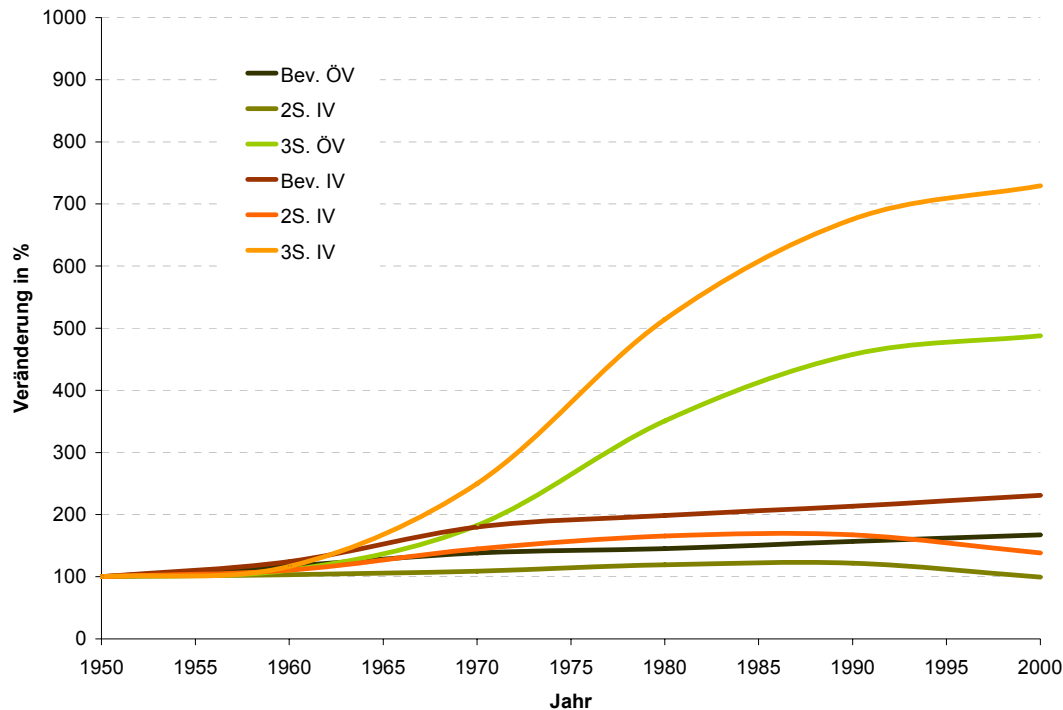
Abbildung 25 Summe der Erreichbarkeiten der schweizerischen Gemeinden



Sieht man die Entwicklungen des Potentials in einem indexierten Diagramm an, zeigt sich allerdings ein anderes Bild (Prozentuale Potentialentwicklung in Abbildung 26). Relativ gesehen vom stärksten Wachstum gekennzeichnet sind hier die Potentiale für die Arbeitsplätze des Dienstleistungssektors. Dies ist nicht nur für den IV der Fall, sondern, fast ebenso stark, auch für den ÖV. Die Potentiale für den zweiten Sektor nehmen zuerst, analog zum Dienstleistungssektor zu, um ab 1990 abzunehmen.

Die Zunahme der Kurvensteigungen verlaufen dabei für alle ÖV-IV Paare nahezu proportional und relativieren so die massiven absoluten Zunahmen der Erreichbarkeiten mit dem Individualverkehr.

Abbildung 26 Summe der Erreichbarkeit für die ganze Schweiz



8.2 Die räumliche Verteilung der Personenerreichbarkeit

Abbildung 27 zeigt die Potentiale der Personenerreichbarkeit für jede Gemeinde in der Schweiz zwischen 1950 und 2000, welche in der Karte mit gleicher Skala für IV und ÖV in der dritten Dimension abgebildet sind.

Wenn nun die strassenseitige Erreichbarkeit für das Jahr 1950 betrachtet wird, so kann festgestellt werden, dass die fünf grossen Agglomerationszentren Zürich, Bern, Basel, Lausanne und Genf mit ihren Metropolitanregionen im Vergleich zu den anderen Regionen in der Schweiz klare Erreichbarkeitsvorteile aufweisen, die Grosstädte stechen als Gipfel hervor. Das einzige Band mit hohen Erreichbarkeitswerten ausserhalb der Grossagglomerationen findet sich im Mittelland im Dreieck Bern-Basel-Zürich. Mit Ausnahme des Rhonetals und des Südtessins weisen grosse Teile des alpinen Raums im Vergleich deutliche Erreichbarkeitsdefizite aus.

Im Jahr 2000 finden sich die Orte mit den höchsten Quintilen der strassenseitigen Erreichbarkeit in einem kreisförmigen Gebiet um Zürich, die ganze Agglomeration und die nördlichen

Teile des Vierwaldstättersees einschliessend. Um Bern ist ein kreuzförmiges Gebiet mit hohen Erreichbarkeitswerten zu sehen, welches von Biel nach Thun und von Solothurn nach Fribourg führt. Am Arc Lémanique hat sich die Verteilung von den zwei Schwerpunkten Genf und Lausanne weg zu einer homogenen Region entwickelt, welche nun auch die Städte Vevey und Nyon einschliesst. Über die Zeit haben sich die Werte im agglomerationsnahen Umland deutlich angehoben.

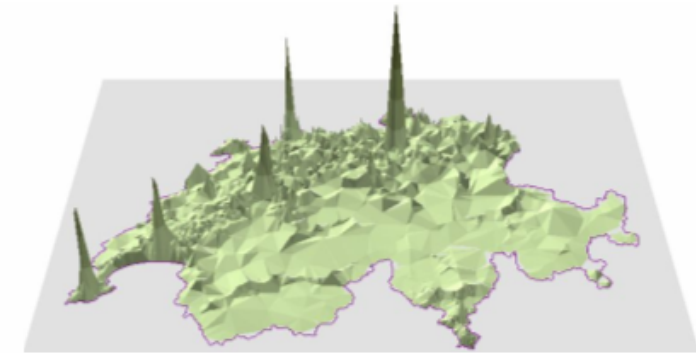
In alpinen und ruralen Gebieten kann allerdings keine Entwicklung mit ähnlicher Dynamik festgestellt werden. Die alpinen Regionen waren nicht in der Lage, eine ähnliche Entwicklung wie die ehemals ruralen Mittellandgebiete zwischen den Agglomerationen zu vollziehen.

Dies gilt auch für die Muster der ÖV seitigen Erreichbarkeitsentwicklung. So können 1950 ebenfalls klare Erreichbarkeitsvorteile urbaner Regionen sowie generell tiefe Werte in ruralen und alpinen Regionen festgestellt werden. Verglichen mit der strassenseitigen Erreichbarkeit wirken die Standortvorteile der ÖV Achsen weniger vertikal in die Tiefe (so ist z. B. das Eisenbahnkreuz in Olten sehr gut erkennbar). Im Jahr 2000 kann ein ähnliches Bild gesehen werden, wenn auch auf einem insgesamt ungleich höheren Niveau. Speziell der Grossraum Zürich zeigt jetzt ein homogeneres Bild zwischen Stadt und Land. Im Vergleich zur Erreichbarkeit des Strassennetzes fallen die über alles gesehen tieferen Werte auf.

Der Vergleich des Verhältnisses der IV- zur ÖV Erreichbarkeit für das Jahr 2000 zeigt für die ganze Schweiz den grossen Attraktivitätsvorsprung für den IV. Besonders stark ist dieser entlang der Autobahnkorridore, neben denen keine leistungsfähigen Bahnlinien existieren, so z. B. zwischen dem mittleren und südlichen Teil der A13 im Kanton Graubünden, dem nördlichen Teil der A4, zwischen Winterthur und Schaffhausen, der A1 westlich von Bern und der A12 zwischen Bern und Vevey. Auch entlang von Bahnlinien kann das Verhältnis von Gemeinde zu Gemeinde stark variieren, je nachdem, ob eine Gemeinde über einen eigenen Bahnhof verfügt oder nicht.

Abbildung 27 Vergleich der Personenerreichbarkeiten zwischen IV und ÖV, sowie zwischen 1950 und 2000 (Var: Bevölkerung; Reisezeit)

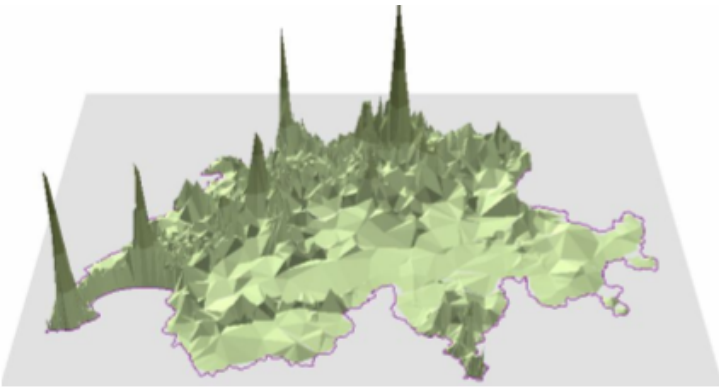
1950 Strasse



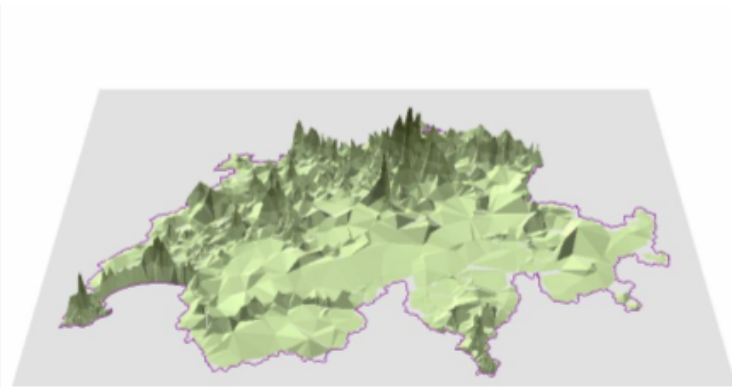
1950 Eisenbahn



2000 Strasse



2000 Eisenbahn

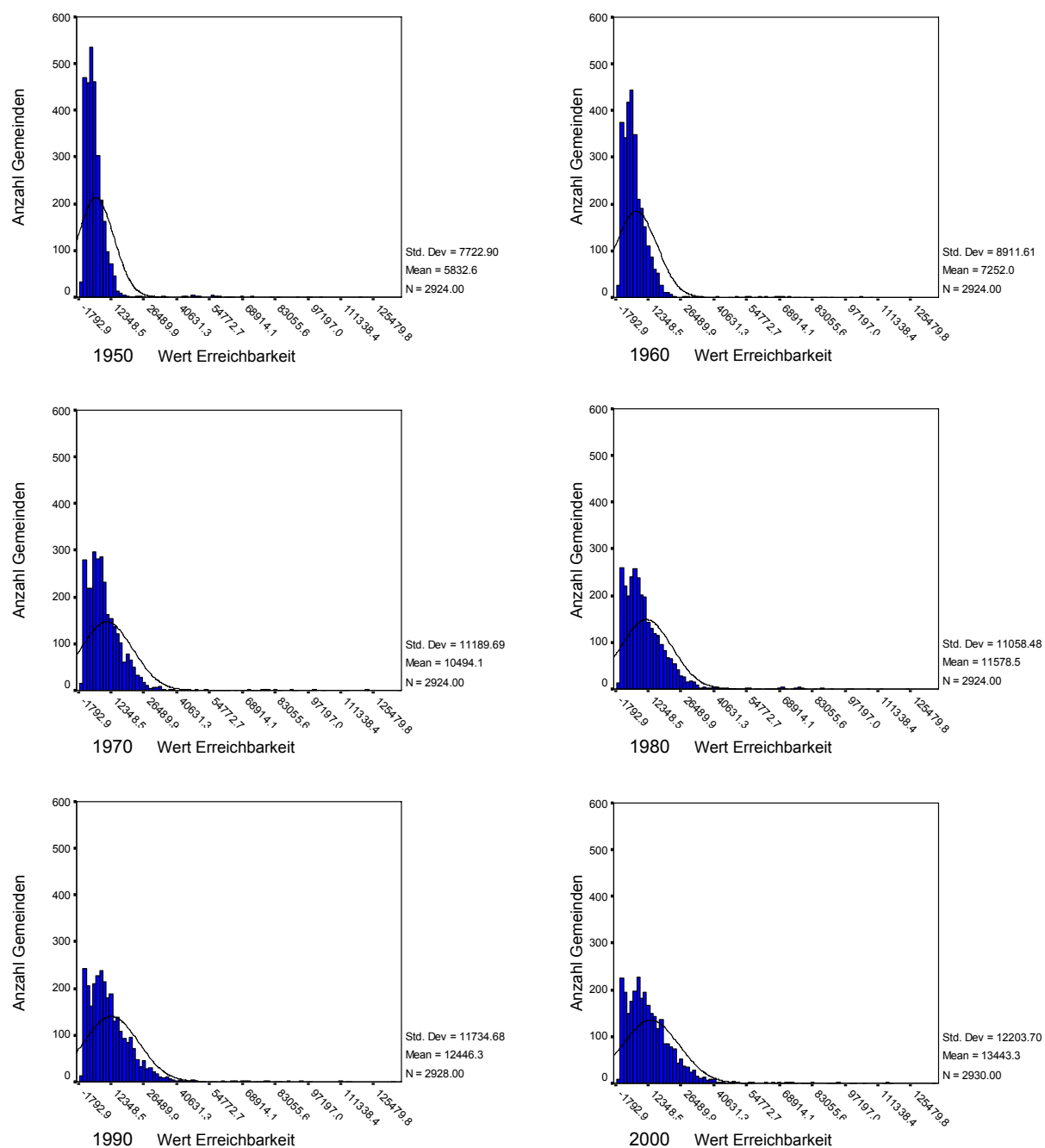


Quelle: Fröhlich et al., 2006

8.3 Verteilung der Personenerreichbarkeit über die Zeit

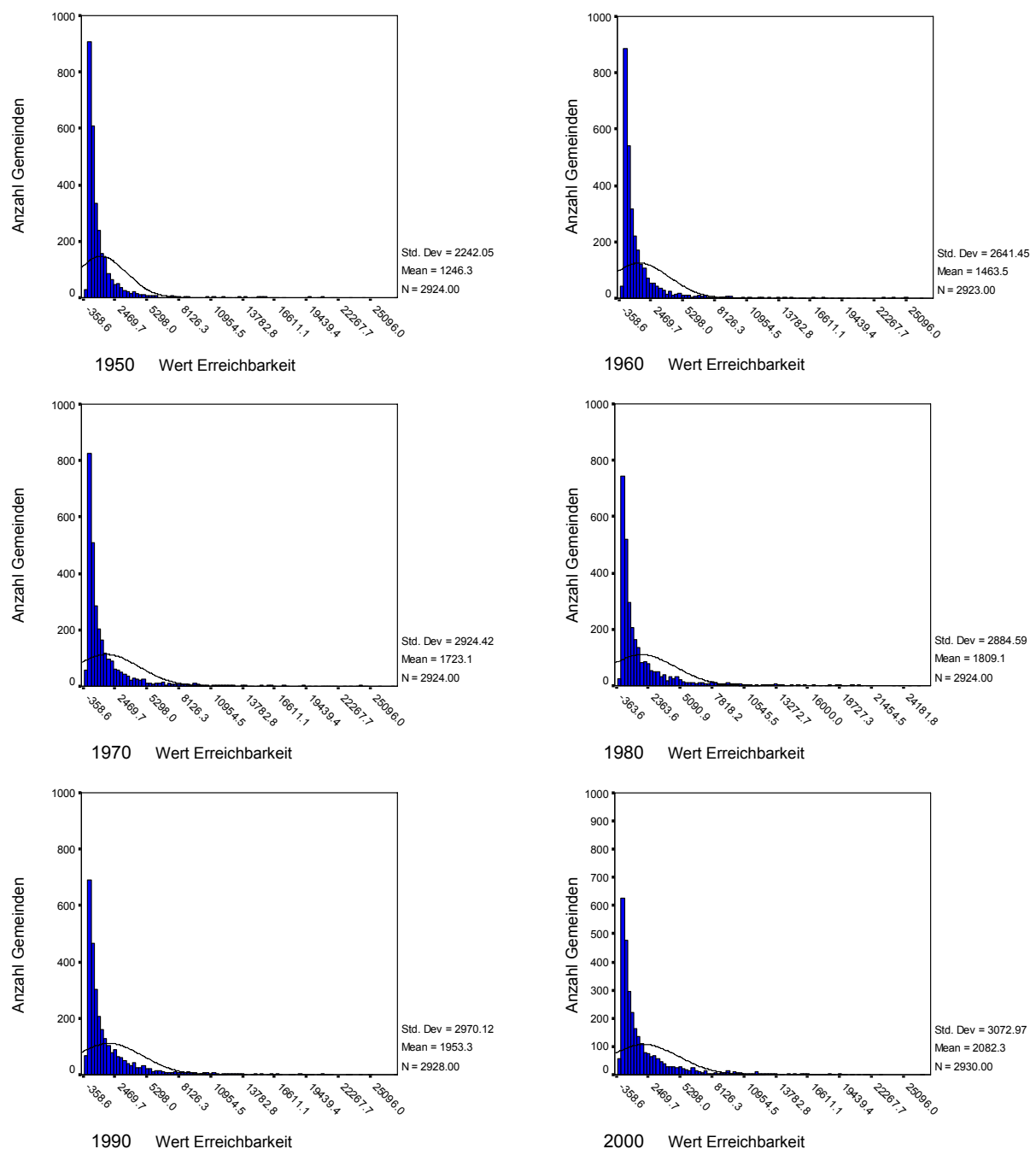
Die geographische Verteilung der Personenerreichbarkeit hat deutliche Unterschiede zwischen urbanen und rural-alpinen Regionen gezeigt.

Abbildung 28 Erreichbarkeit der schweizerischen Gemeinden IV 1950 - 2000



Die Entwicklung der Potentialverteilung wird daher in folgendem Abschnitt im Detail numerisch untersucht. Abbildung 28 zeigt die Verteilung der Personenerreichbarkeitswerte für den IV aller Gemeinden für jede Dekade seit 1950, Abbildung 29 diejenige für den ÖV.

Abbildung 29 Erreichbarkeit der schweizerischen Gemeinden ÖV 1950 - 2000



Die Verteilungen werden anhand von Histogrammen mittels der jeweiligen Normalverteilungen (Std. Dev.), der Mittelwerte und der jeweiligen Gaussschen Normalverteilungen (schwar-

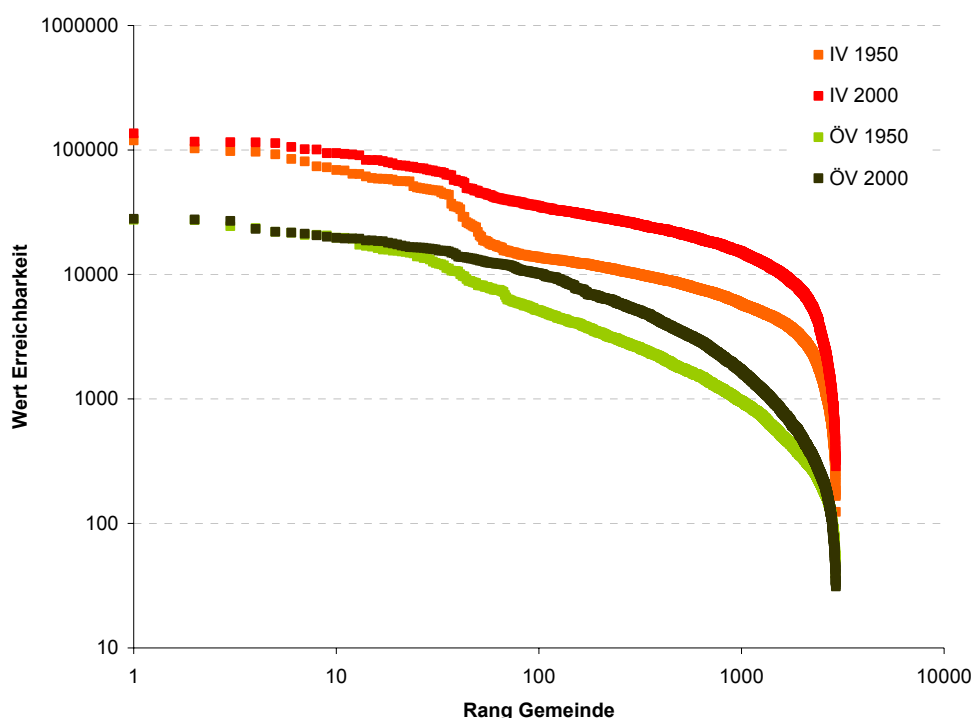
ze Kurve) verglichen. Je steiler die Kurve nun ist, desto enger sind die Werte um den Mittelwert verteilt. Dagegen wird die Kurve umso flacher, je disperser die Verteilung ist.

Das Histogramm (Abbildung 28) zeigt im Jahr 1950 für den IV ganz ähnliche Resultate wie für den ÖV (Abbildung 29): Eine starke Konzentration um den Mittelwert ist ersichtlich. Diese Verteilungen verändern sich aber über die Jahrzehnte beträchtlich. Sie werden immer inhomogener. Die Erreichbarkeitswerte tendieren gegen die höheren Werte Richtung einer Normalverteilung.

Beim Fokus auf die Verteilung der ÖV Erreichbarkeit über die Zeit (Abbildung 29) fällt auf, dass die Werte 1950 ganz ähnlich wie beim IV verteilt sind: die Konzentration um den Mittelwert ist deutlich ausgeprägt. Im Gegensatz zur IV Verteilung bleibt die Konzentration allerdings konstant, obwohl der Mittelwert stark angestiegen ist. Interessant sind die Ausreisser gegen die höheren Werte.

Es zeichnet sich also eine Tendenz hin zu einer Angleichung der Erreichbarkeit der Gemeinden über die Zeit ab, wobei sich diese für das IV Potential deutlicher als für dasjenige für den ÖV abzeichnet.

Abbildung 30 Rang-Grössenvergleich Personenerreichbarkeit ÖV und IV 1950 - 2000



Die in den Histogrammen festgestellte Nivellierung der Potentialverteilungen zeigt sich ebenso deutlich in einem doppellogarithmischen Rang-Grössendiagramm, welches die Verteilung des Potentials auf eine weitere Weise darstellt (Abbildung 30). Hier sind die Werte der Potentiale für jede Gemeinde ähnlich wie in Abbildung 14 dargestellt. Dabei haben die Gemeinden mit kleinen und mittleren Potentialwerten gegenüber den Gemeinden mit hoher Erreichbarkeit stark aufholen können. Auch ist die Steigung in diesem Bereich der Kurve deutlich flacher. Die Nivellierung ist auch für das ÖV Potential deutlich erkennbar. Wie schon oben festgestellt, ist hier der Betrag der absoluten Zunahme aber deutlich geringer als beim IV Potential.

8.4 Zusammenfassung

Die verschiedenen Analysen der absoluten Potentialwerte und der Verteilung des Potentials über den Raum zeigen deutlich, dass sich der Erreichbarkeitsvorsprung der nahe an den Grosszentren gelegenen Gemeinden mit hohen Potentialwerten für den IV gegenüber dem Umland über die Jahrzehnte verringert hat. Die ÖV Erreichbarkeit hat sich während der letz-

ten 50 Jahre zwar auch verbessert, doch haben sich die Verhältnisse zwischen den Gemeinden mit hoher Erreichbarkeit und denjenigen mit geringeren Potentialwerten weniger stark verändert.

In den folgenden Kapiteln werden die Zusammenhänge zwischen der beschriebenen Entwicklung der Raumstruktur mit den in diesem Kapitel dargestellten Erreichbarkeitsveränderungen analytisch untersucht.

9 Einführung in die Modellierung der Zusammenhänge zwischen Erreichbarkeit und Raumstruktur

Die vorangegangenen Kapitel 7 und 8 gaben im Detail Aufschluss über Erreichbarkeit und Raumstruktur. Es konnte gezeigt werden, dass die Entwicklung räumlicher Strukturen, ausgedrückt durch die gewählten Variablen, nicht homogen über die Schweiz erfolgt. Auf Konzentration folgt wieder gleichmässige Verteilung der Bevölkerung und auch die durch den Infrastrukturausbau sich ergebenden Erreichbarkeitsveränderungen erfolgen nicht gleichmässig über den Raum und die Zeit. Dieses und die beiden folgenden Kapiteln bilden den analytischen Teil dieser Arbeit. Die beiden vorgängig separat behandelten Teilbereiche Raumstruktur und Erreichbarkeit werden miteinander verbunden und die Ergebnisse der anhand statistischer Modellanalysen erfolgten Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Verkehrsinfrastruktur und raumstruktureller Entwicklung diskutiert. Wie bereits in der Einführung erwähnt, ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, und ganz besonders in diesem analytischen Teil, den Einfluss der IV und ÖV Netze, sowie deren Ausbauten, und daher der Erreichbarkeit, und ihrer Veränderung über die Zeit auf die Entwicklung räumlicher Strukturen zu untersuchen.

Vorliegendes Kapitel skizziert in einer groben Übersicht die gewählten Modellansätze in ihrer grundsätzlichen Funktionsweise, wobei die verwendeten Modelle, sowie deren unterschiedliche Ausprägungen im Detail beschrieben werden. Zu diesem Zwecke werden die Kernpunkte der Fragestellung, spezifisch für diesen analytischen Teil der Arbeit, noch einmal aufgegriffen und in Modellform umgeschrieben.

Wie in den theoretischen Teilen der Arbeit dargelegt, sind die Arbeitsplätze nach Wirtschaftssektoren wie auch die absolute Bevölkerungszahl der administrativen Einheiten, als Masszahl von vor Ort möglicher Opportunitäten, wichtige Grössen in der Regionalforschung und – politik und dienen folglich der Erklärung ökonomischer und demographischer Entwicklungen. Die Raumstruktur wird daher, wie im deskriptiven Teil, durch diese Variablen ausgedrückt. Verglichen werden nicht die absoluten Werte, sondern deren Entwicklung innerhalb einer bestimmten Zeitperiode, meist innerhalb einer Dekade. Wiederum ist die Gemeinde die kleinste Untersuchungseinheit. Vom ökonometrischen Gesichtspunkt her ist die Wahl der Gemeinde auf der untersten Untersuchungsebene die bestmögliche Wahl. Zwar führt diese räumliche Feingliederung zu starken Ausschlägen bei Einzelereignissen (wie Zu-/Wegzug oder Konkurs einer grösseren Firma, oder aber die Einzonung grösserer Baulandreserven in kleineren Gemeinden; räumlich gröbere Auflösungen würden glättend wirken), doch liegen so am meisten Beobachtungspunkte für die statistische Analyse vor, was für die fortgeschrit-

tenen, räumlich sensitiven Regressionsmodelle von grosser Wichtigkeit ist.

9.1 Modellaufbau

Die in der Einleitung aufgestellte Hauptfragestellung wird für den Modellaufbau folgendermassen konkretisiert und präzisiert:

Die Hauptfrage

Welches ist der Einfluss der sich verändernden Erreichbarkeit auf die Variablen Veränderung der Zahl der Einwohner und der Veränderung der Arbeitsplätze?

wird um folgende Teilfragen erweitert:

In welchem Verhältnis stehen die Variablen der Erreichbarkeitsentwicklung zu den Auswirkungen anderer erklärender Variablen der Raumstruktur?

Gibt es temporale Einflussunterschiede der Wirkungszusammenhänge?

Gibt es regionale Einflussunterschiede der Wirkungszusammenhänge?

Treten die Auswirkungen zeitlich verzögert auf?

Die so aufgestellten Fragen lassen sich in den statistischen Modellen in Modellschreibweise folgendermassen formulieren:

$$\Delta y_t = \text{const} + \beta_1 * \Delta E\ddot{O}V_t + \beta_2 * \Delta EIV_t + \beta_3 * \Delta RV_t \quad (14)$$

Wobei:

Δy_t : Entwicklung der abhängigen Variablen (wie Bevölkerungsentwicklung ΔBEV oder Arbeitsplätze der Wirtschaftssektoren 2 ($\Delta AB2$) und 3 ($\Delta AB3$) innerhalb einer Zeitperiode t .

$\Delta E\ddot{O}V_t / \Delta EIV_t$: Entwicklung der unabhängigen Variablen (wie Erreichbarkeit ÖV, resp. IV) innerhalb einer Zeitperiode t .

ΔRV_t : Entwicklung weiterer Raum prägender Variablen innerhalb einer Zeitperiode t .

$const:$	Konstante
$\beta_x:$	Parameter
$t:$	Zeitperiode

Die aufgestellte Grundgleichung des Schätzmodells (14) wird in den folgenden drei Kapiteln aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse abgeändert und gemäss der gewählten Analysemethoden weiter entwickelt.

Auf der technischen Ebene wird zudem der Frage nach der Güte der verwendeten Variablen und Datensets, sowie nach der Relevanz der Methoden, welche für die Modellschätzungen genutzt wurden nachgegangen.

9.2 Methodenüberblick und Vorgehen

Die Annäherung an die Fragestellung erfolgt, indem zuerst mittels der Analyse der kleinsten Quadrate oder *Ordinary least square* Modellen (in der Folge OLS, siehe dazu Maddala, 2002), analog zur Schätzgleichung (14) der Einfluss der Erreichbarkeitsentwicklung und anderer Variablen der Raumstruktur auf die Entwicklung der Bevölkerung (resp. Arbeitsplätze als unabhängige Variable) getestet wird. Um zu eruieren, welche Variablen die unabhängige Variable signifikant beeinflussen, wird eine Vorwärtsauswahl (*Stepwise forward regression*) angewandt (Kapitel 10). Dabei erfolgt die Modellierung über die ganze Schweiz, also ohne räumliche Differenzierung.

Ist dieses Auswahlverfahren abgeschlossen, so wird die Untersuchung mit den als relevant befundenen Variablen vertieft. Schweizweite Betrachtungen auf aggregierter Ebene fassen vielfach zu kurz, da möglicherweise wichtige regionale Unterschiede verborgen bleiben würden. Deshalb wird die statistische Modellierung um zwei Ansätze erweitert und auf räumliche und zeitliche Komponenten ausgedehnt:

- Hierarchisch abgestufte Regressionsmodelle (*Multilevel Modelling*). Dieser Typ von Regressionsmodellen ist in der Lage, regionale und temporale Besonderheiten (signifikante Abweichungen von der Regression über den Gesamtraum) zu eruieren, indem sie vom Gesamtuntersuchungsraum statistisch signifikante Abweichungen einzelner Teilregionen schätzen können (siehe Kapitel 11).
- Beim *Spatial Error Modelling* (SEM) handelt sich um einen Ansatz, welcher Nach-

barschaftseffekte in die Modellierung der Regression einbezieht. Hier wird also angenommen, dass die Nachbarn (Nachbargemeinden) auf die untersuchten Raumpunkte (Gemeinden) proportional zu ihrer Entfernung einen Einfluss ausüben können, dass also z. B. die Nähe zu einem regionalen Zentrum sich auf das Wachstum einer Gemeinde auswirken kann (siehe Kapitel 12).

Diese Erweiterungen der ursprünglichen Schätzgleichung (14) kommen der Beantwortung der weiteren Teilfragen der Fragestellung nach temporalen und regionalen Variationen nach.

Die in die Modelle einfließenden Daten zur Raumstruktur entstammen den in Kapitel 6 genannten Quellen. Sie sind, wie dort beschrieben, auf den Gebietstand des Jahres 2000 umgerechnet.

Um die Erreichbarkeit zu den Örtlichkeiten für ein möglichst breites Spektrum der täglichen Aktivitäten der Bevölkerung abbilden zu können, werden zusätzlich zur Erreichbarkeit der Bevölkerung ebenfalls fallweise die Erreichbarkeit der Arbeitsplätze der Wirtschaftssektoren 2 und 3 addiert (siehe dazu Kapitel 8.1), wobei keine Gewichtung erfolgt.

10 Ergebnisse auf nationaler Ebene

In einem ersten Schritt wird die Untersuchung „global“, also über den ganzen Untersuchungsraum Schweiz mit ihren knapp 2900 Gemeinden vorgenommen. Die statistische Analyse wird mittels einer OLS Regression durchgeführt. Das Grundmodell nach Gleichung (14) wird in einer ersten Annäherung relativ viele Variablen enthalten. Diese werden sodann in weiteren Schritten auf die statistisch relevanten Variablen reduziert. Auf diese Weise kann die Gefahr von Multikollinearität reduziert und so die Modellstabilität erhöht werden. Dieses Grundmodell wird daher in der Folge, auch zur Abgrenzung der nachfolgenden Modellschätzungen „globales Modell“ genannt.

10.1 Methodischer Aufbau des globalen Modells

Um die für das globale Modell relevanten Einflüsse zu bestimmen und um nicht relevante Variablen auszuschliessen, wird bei der Regressionsanalyse die so genannte Vorwärtsauswahl gewählt (Bender und Hoffmann, 2003): Dabei werden zunächst alle Einfachregressionen zwischen der abhängigen und der unabhängigen Variablen berechnet. Bei der Vorwärtsauswahl wird mit nur einem Regressor begonnen und sodann, Schritt für Schritt, jeweils eine weitere erklärende Variable hinzugefügt. Es wird diejenige Variable als erste in die Regression aufgenommen, welche den höchsten Einfach-Korrelations-Koeffizienten mit dem Regressand besitzt. Die zweite aufgenommene Variable ist diejenige mit dem zweitgrössten Korrelationskoeffizienten usw. Über die Aufnahme der neuen Variablen in das Modell wird aufgrund der Werte der partiellen F-Tests entschieden. Wenn eine Variable die Güte des Modells nicht mehr verbessert, so wird sie nicht in die Berechnung einbezogen. Somit werden bei der Vorwärtsauswahl alle potentiellen Regressoren ausgeschlossen, die bei einem vorgegebenen Signifikanzniveau den Regressanden nicht beeinflussen bzw. deren Wirkung bereits adäquat über zuvor berücksichtigte Regressoren erfasst wird (nach Bodenmann, 2006).

Als abhängige Variablen untersucht werden die Variablen der Raumnutzungen welche für die Bevölkerungsentwicklung, sowie Arbeitsplatzentwicklung, diese aufgeteilt nach den Sektoren 2 und 3, operationalisiert werden. Als erklärende Variablen dienen Variablen der Erreichbarkeitsentwicklung, aufgeteilt nach totaler Erreichbarkeit (siehe 9.2), Erreichbarkeit von Bevölkerung und Arbeitsplätzen der Sektoren 2 und 3. Die Modellierung erfolgt hier für die totale Erreichbarkeit, wie auch für die Unterteilung der Verkehrsnetze nach ÖV und IV. Ebenfalls zur Erklärung beigezogen werden Entwicklungen der Raumnutzung in vorherigen Dekaden,

so die Wohnbevölkerung und wiederum die Arbeitsplätze nach Sektoren. Hierbei stellt sich die Frage, ob die relativen oder die Absolutwerte miteinander verglichen werden sollen. Einführende Tests haben ergeben, dass nicht Regressionen mit einer additiven, sondern mit einer multiplikativen Verknüpfung der Variablen, was gleichbedeutend mit der Logarithmisierung der Variablen ist, die besten Resultate liefern. Die räumlichen Auswirkungen im globalen Modell werden im Folgenden beschrieben.

10.1.1 Variablen

In einer ersten Annäherung interessiert die Frage, inwiefern und in welchem Ausmass die Erreichbarkeit im Vergleich zu anderen Einflussfaktoren raumprägend ist. Raumprägend bedeutet hier, dass die einbezogenen Variablen in diesem Fall die Bevölkerungsentwicklung beeinflussen. Als abhängige Variable wird demnach die Bevölkerungsentwicklung angenommen. Als unabhängige Variablen werden neben der Erreichbarkeit die Arbeitsplatzentwicklung der Sektoren 2 und 3, sowohl in der Gegenwart (t), wie auch in der Vorperiode ($t-1$), sowie die Bevölkerungsentwicklung der vorangegangenen Zeitperiode aufgenommen. Auf diese Weise wird ein Modell geschätzt, welches wesentliche Einflüsse auf die Entwicklung der Bevölkerung einbezieht. Die einzelnen Perioden dauern jeweils ein Jahrzehnt. Tabelle 11 gibt einen Überblick über die in die Grundformel (14) einflussenden Variablen.

Tabelle 11 Übersicht Variablen im globalen Modell*

Periode (Jahrzehnt)		←	$t-1$	→	←	t	→
Abhängige Variable	Bevölkerungsentwicklung					ΔBEV_t	
Unabhängige Variablen	Bevölkerungsentwicklung		ΔBEV_{t-1}				
	Arbeitsplatzentwicklung Sektor 2		$\Delta AB2_{t-1}$			$\Delta AB2_t$	
	Arbeitsplatzentwicklung Sektor 3		$\Delta AB3_{t-1}$			$\Delta AB3_t$	
	Erreichbarkeitsentwicklung total IV		ΔEIV_{t-1}			ΔEIV_t	
	Erreichbarkeitsentwicklung total ÖV		$\Delta EÖV_{t-1}$			$\Delta EÖV_t$	

t Betrachtetes Jahrzehnt; $t = 1950-1960, 1960-1970, 1970-1980, 1980-1990, 1990-2000$

*Daten: Differenzen (Δ): absolut; logarithmiert

Im Modell wurden 9 erklärende Variablen aus zwei aufeinander folgenden Jahrzehnten verwendet. Auf diese Weise wurden 4 Modelle für jedes Jahrzehnt zwischen 1950 und 2000 geschätzt.

10.2 Empirische Ergebnisse

10.2.1 Wirkungszusammenhänge jeweils innerhalb einer Dekade

Die Tabellen 12, 13 und 14 fassen das Ergebnis des Auswahlverfahrens für die verschiedenen Modelle zusammen. Abhängige Variable ist die Entwicklung der Bevölkerung ΔBEV_t . Die Bevölkerungsentwicklung scheint von acht der geprüften Variablen in den meisten Fällen abhängig zu sein.

Tabelle 12 Erklärung der Entwicklung der Bevölkerung ($t = 1960-1970$)

Variablen:	Koeffizienten	t Statistik		
Konstante	0.163	1.304		
$\Delta E\ddot{O}V_t$	0.662	43.433		
ΔBEV_{t-1}	0.248	14.696		
$\Delta AB3_t$	0.047	7.283		
ΔEIV_t	0.122	8.191		
ΔEIV_{t-1}	-0.162	-5.677		
$\Delta AB2_{t-1}$	0.040	5.818		
$\Delta AB2_t$	-0.029	-6.163		
$\Delta AB3_{t-1}$	0.026	2.618		
Ausgeschlossene Variablen: $\Delta E\ddot{O}V_{t-1}$				
ANOVA:	Freiheitsgrade	Mittlere Quadratsummen	F	Sig
Regression	8	11.905	743.089	0.000
Residuen	2639	0.016		
Gesamt	2647			
Regressionsstatistik:				
Adjustiertes Bestimmtheitsmass:	0.692	Standardfehler:	0.127	

Diejenigen Variablen mit dem grössten Einfluss sind die Erreichbarkeitsentwicklungen des öffentlichen Verkehrs in der Periode t , die Erreichbarkeitsentwicklung IV in der Periode t , sowie die Bevölkerungsentwicklung in der Vorperiode $t-1$. Diese Variablen weisen auch die höchsten t Werte auf.

Die Variable Erreichbarkeitsentwicklung ÖV der Vorperiode $t-1$ wurde allerdings aus dem Modell ausgeschlossen. Die Variablen der IV Erreichbarkeit der Periode $t-1$, sowie der Arbeitsplätze des 2. Sektors der Periode t beeinflussen die abhängige Variable negativ. Die Arbeitsplätze des zweiten Sektors entstehen also nicht dort wo die Bevölkerung wohnt, wohl auch weil Industrieproduktion generell viel Platz einnimmt und mit Emissionen verbunden ist und es möglich wurde, Wohn- und Arbeitsort weit auseinander zu legen. Der Fakt, dass der Koeffizient der IV Erreichbarkeit der Vorperiode negativ ist, könnte darauf hindeuten, dass die Suburbanisierung in Regionen vorstösst, die in der Vorperiode noch gar nicht erschlossen waren, der Ausbau des IV Netzes war gerade in dem betrachteten Jahrzehnt sehr stark (vergleiche Abbildung 7).

Als Vergleich dazu wird dasselbe Modell, allerdings mit den nächsten Zeitperioden zur Gegenwart (t : 1990-2000, $t-1$: 1980-1990) hingezogen (Tabelle 13). Wiederum werden acht Variablen zugelassen.

Tabelle 13 Erklärung der Entwicklung der Bevölkerung ($t = 1990-2000$)

Variablen:	Koeffizienten	t Statistik		
Konstante	1.156	8.220		
$\Delta E\ddot{O}V_t$	0.221	19.904		
ΔBEV_{t-1}	0.092	5.216		
$\Delta AB3_t$	0.016	3.475		
ΔEIV_t	0.228	9.349		
ΔEIV_{t-1}	0.077	4.409		
$\Delta AB2_{t-1}$	0.025	4.258		
$\Delta AB3_{t-1}$	0.042	3.658		
$\Delta E\ddot{O}V_{t-1}$	0.054	3.305		
Ausgeschlossene Variablen: $\Delta AB2_t$				
ANOVA:	Freiheitsgrade	Mittlere Quadratsummen	F	Sig
Regression	8	1.3	138.111	0.000
Residuen	2653	0.009		
Gesamt	2661			
Regressionsstatistik:				
Adjustiertes Bestimmtheitsmass:	0.292	Standardfehler:	0.097	

Diejenigen Variablen mit dem grössten Einfluss sind wieder die Erreichbarkeitsentwicklungen des öffentlichen Verkehrs in der Periode t , die Erreichbarkeitsentwicklung IV in der Periode t , sowie die Bevölkerungsentwicklung in der Vorperiode $t-1$. Ausgeschlossen wird dieses mal die Variable Arbeitsplätze Sektor 2 der Periode t . Negative Koeffizienten treten keine mehr auf, ein Indiz, dass sich Bevölkerungs- und Erreichbarkeitsentwicklungen gleichmässiger verteilen. Auch spielen die Arbeitsplätze des zweiten Sektors nach der Transition der Wirtschaft hin zum Dienstleistungssektor eine bedeutend geringere Rolle als in den vorangegangenen Dekaden. Im Vergleich weist das Modell der Gegenwart allerdings ein deutlich kleineres adjustiertes Bestimmtheitsmass von nunmehr 0.292 auf, die Modellgüte ist also markant gesunken.

Neben den beiden abgebildeten Modellen (siehe Tabellen 12 und 13) wurden auch in gleicher Weise Modelle für die übrigen Zeitperioden geschätzt. Zusammenfassend seien in Tabelle 14

die die Erreichbarkeiten repräsentierenden erklärenden Variablen der Modelle aller vier untersuchten Zeitperioden angegeben. Zwei Variablen der ÖV Erreichbarkeit der Vorperiode $t-1$ wurden nicht ins Modell integriert. Interessant ist der grosse Unterschied zwischen dem Einfluss der IV Erreichbarkeit zum Einfluss der ÖV Erreichbarkeit der Periode t . Darauf wird weiter unten eingegangen. Die Stärke des Einflusses der ÖV Erreichbarkeit der Periode t auf die abhängigen Variablen nimmt stetig ab, derweil ein ebensolcher Trend für die Erreichbarkeit des Individualverkehrs nicht ausgemacht werden kann. Ebenso ist es schwierig, Aussagen über die Entwicklungen der Variablen der Vorperiode $t-1$ zu machen. Die Gesamtmodellgüte (Adjustiertes Bestimmtheitsmass) nimmt ebenfalls über die Zeit hin zur Gegenwart stetig ab.

Tabelle 14 Einfluss der Erreichbarkeit auf die Bevölkerungsentwicklung der verschiedenen Modelle und Modellgüte

Periode (Jahrzehnt)	ΔEIV_t	ΔEIV_{t-1}	$\Delta EÖV_t$	$\Delta EÖV_{t-1}$	Adj. Bestimmtheitsmass Gesamtmodell
1960-1970	0.122	-0.162	0.662	ausg.	0.692
1970-1980	0.041	0.099	0.659	ausg.	0.594
1980-1990	0.136	0.070	0.514	0.147	0.441
1990-2000	0.228	0.070	0.221	0.054	0.292

Neben der Bevölkerungsentwicklung interessiert die Frage nach den Wirkungszusammenhängen zwischen Erreichbarkeitsentwicklung und der Entstehung von neuen Arbeitsplätzen. Aufgrund der Erkenntnisse aus den Theoriekapiteln kann angenommen werden, dass auch die Arbeitsplatzentwicklung von raumprägenden Variablen beeinflusst wird.

Im Folgenden wird versucht die Arbeitsplätze der Sektoren 3 (Tabellen 15 und 16) und 2 (Tabellen 17 und 18), jeweils in denselben Zeitperioden, analog wie in den vorangegangenen Modellen zu erklären. Als abhängige Variablen werden jetzt (vergleiche mit Tabelle 11) $\Delta AB3_i$ sowie $\Delta AB2_i$ in die Schätzgleichung einbezogen.

Tabelle 15 Erklärung der Entwicklung der Arbeitsplätze Sektor 3 ($t = 1960-1970$)

Variablen:	Koeffizienten	t Statistik		
Konstante	-2.229	-8.582		
$\Delta E\ddot{O}V_t$	0.361	6.158		
ΔBEV_{t-1}	0.324	6.638		
$\Delta AB3_{t-1}$	0.273	9.525		
ΔEIV_t	0.114	2.693		
$\Delta AB2_t$	0.046	3.412		
ΔBEV_t	0.433	7.656		
Ausgeschlossene Variablen: $\Delta E\ddot{O}V_{t-1}$, ΔEIV_{t-1} , $\Delta AB2_{t-1}$				
ANOVA:	Freiheitsgrade	Mittlere Quadratsummen	F	Sig
Regression	6	30.875	217.446	0.000
Residuen	2641	0.142		
Gesamt	2647			
Regressionsstatistik:				
Adjustiertes Bestimmtheitsmass:	0.329	Standardfehler:	0.378	

Im Modell zu der ersten Zeitperiode (1950-1960) sind für die Arbeitsplatzentwicklung im 3. Sektor, ähnlich wie in den Modellen zur Bevölkerungsentwicklung festgestellt, wiederum die Erreichbarkeitsentwicklung ÖV der Periode t und die Bevölkerungsentwicklung der Perioden t und $t-1$, aber auch die Arbeitsplatzentwicklung des dritten Sektors der Vorperiode am relevantesten. Die Modellgüte ist mit 0.329 allerdings bedeutend schlechter als für die Modelle zur Bevölkerungsentwicklung im selben Jahrzehnt. Im Modell für die Dekade zwischen 1990 und 2000 sind es wiederum dieselben unabhängigen Variablen, welche den grössten Beitrag zur Erklärung liefern (Tabelle 16).

Tabelle 16 Erklärung der Entwicklung der Arbeitsplätze Sektor 3 ($t = 1990-2000$)

Variablen:	Koeffizienten	t Statistik		
Konstante	1.805	4.601		
$\Delta E\ddot{O}V_t$	0.492	10.343		
ΔBEV_{t-1}	0.288	4.957		
$\Delta AB3_{t-1}$	-0.471	-10.231		
ΔBEV_t	0.316	4.086		
Ausgeschlossene Variablen: $\Delta E\ddot{O}V_{t-1}$, $\Delta AB2_{t-1}$, $\Delta AB2_t$, ΔEIV_{t-1} , ΔEIV_t				
ANOVA:	Freiheitsgrade	Mittlere Quadratsummen	F	Sig
Regression	4	13.106	82.235	0.000
Residuen	2657	0.159		
Gesamt	2661			
Regressionsstatistik:				
Adjustiertes Bestimmtheitsmass:	0.109	Standardfehler:	0.399	

Hierbei fallen drei Punkte auf: Erstens reagiert die Arbeitsplatzentwicklung des 3. Sektors in der Periode t stark negativ auf diejenige der Vorperiode, es scheinen sich in der Dekade zwischen 1990 und 2000 Verdrängungseffekte zu zeigen, die Arbeitsplätze entstehen dort, wo noch Freiräume mit günstigen Miet- und Bodenpreise vorhanden sind. Zweitens ist beachtenswert, dass die IV Erreichbarkeitsentwicklung gar nicht mehr in das Modell einbezogen wurde, sie ist also für die Arbeitsplatzentwicklung im 3. Sektor in diesem Zeitraum nicht mehr relevant. Des weiteren hat drittens die Modellgüte noch einmal abgenommen, das adjustierte Bestimmtheitsmass beträgt nur mehr 0.109.

Tabelle 17 Erklärung der Entwicklung der Arbeitsplätze Sektor 2 ($t = 1960-1970$)

Variablen:	Koeffizienten	t Statistik		
Konstante	-2.161	-7.360		
$\Delta E\ddot{O}V_t$	1.252	15.938		
$\Delta AB2_{t-1}$	0.403	14.696		
ΔBEV_t	-0.511	-6.658		
ΔEIV_t	0.215	3.660		
$\Delta AB3_{t-1}$	0.077	2.913		
Ausgeschlossene Variablen: $\Delta E\ddot{O}V_{t-1}$, ΔEIV_{t-1} , ΔBEV_{t-1} , $\Delta AB3_{t-1}$				
ANOVA:	Freiheitsgrade	Mittlere Quadratsummen	F	Sig
Regression	5	54.728	198.342	0.000
Residuen	2642	0.276		
Gesamt	2647			
Regressionsstatistik:				
Adjustiertes Bestimmtheitsmass:	0.272	Standardfehler:	0.525	

Noch tiefer liegen die adjustierten Bestimmtheitsmasse für die Modelle, welche die Arbeitsplatzentwicklung des zweiten Sektors erklären (Tabelle 17 und 18). Auch werden in diesen Modellen deutlich weniger Variablen zugelassen als in denjenigen Modellen mit der Kriteriumsvariablen Bevölkerungsentwicklung. Den grössten Erklärungsanteil liefert wiederum die Variable der Erreichbarkeitsentwicklung $\ddot{O}V$ in Periode t und die Arbeitsplatzentwicklung des zweiten Sektors in der Vorperiode $t-1$. Die IV Erreichbarkeit ist nur im frühen Modell der ersten untersuchten Dekade einbezogen. Die Arbeitsplätze des einen beeinflussen die Arbeitsplätze des jeweils anderen Sektors kaum, es scheinen da weder Verdrängungs- noch Kumulationseffekte aufzutreten. Die Bevölkerungsentwicklung beeinflusst die Entwicklung der Arbeitsplätze stark negativ. Dieses Phänomen konnte bereits in Tabelle 10 festgestellt werden und bestätigt noch einmal die These, dass ab 1950 Arbeits- und Wohnorte sich geographisch zu separieren beginnen. Wiederum beeinflusst im Modell der Dekade zwischen 1990 und 2000 die Arbeitsplatzentwicklung der Vorperiode $t-1$ diejenige der Periode t deutlich negativ.

Tabelle 18 Erklärung der Entwicklung der Arbeitsplätze Sektor 2 ($t = 1990-2000$)

Variablen:	Koeffizienten	t Statistik		
Konstante	2.287	5.028		
$\Delta E\ddot{O}V_t$	0.625	9.943		
$\Delta E\ddot{O}V_{t-1}$	0.241	3.102		
$\Delta AB2_{t-1}$	-0.404	-11.461		
Ausgeschlossene Variablen: ΔEIV_t , ΔEIV_{t-1} , $\Delta AB3_t$, $\Delta AB3_{t-1}$, ΔBEV_t , ΔBEV_{t-1}				
ANOVA:	Freiheitsgrade	Mittlere Quadratsummen	F	Sig
Regression	3	25.065	72.654	0.000
Residuen	2658	0.345		
Gesamt	2661			
Regressionsstatistik:				
Adjustiertes Bestimmtheitsmass:	0.075	Standardfehler:	0.587	

In Tabelle 19 werden die Kausalzusammenhänge zwischen Erreichbarkeit und der Arbeitsplatzentwicklung zusammengefasst. Positive Wirkungszusammenhänge scheinen zu existieren, allerdings erscheinen sie gegen die Gegenwart hin zunehmend diffus. Dabei sind die Effekte in der ersten Untersuchungsdekade auf die Arbeitsplätze des 2. Sektors stärker als für die des 3. Sektors, was auch mit der Konzentration der Industrie zu jener Zeit zusammenhängen mag. Generell reagieren die Arbeitsplätze auf die ÖV Erreichbarkeit stärker als auf die IV Erreichbarkeit.

Tabelle 19 Einfluss der Erreichbarkeit auf die Arbeitsplatzentwicklung der verschiedenen Modelle und Modellgüte

Periode (Jahrzehnt)	ΔEIV_t	ΔEIV_{t-1}	$\Delta EÖV_t$	$\Delta EÖV_{t-1}$	Adj. Bestimmtheitsmass Gesamtmodell
Arbeitsplätze Sektor 3					
1960-1970	0.114	ausg.	0.361	ausg.	0.329
1990-2000	ausg.	ausg.	0.492	ausg.	0.109
Arbeitsplätze Sektor 2					
1960-1970	0.215	ausg.	1.252	ausg.	0.272
1990-2000	ausg.	ausg.	0.241	0.054	0.075

Bis dahin wurden verschiedene Variablen auf Einflüsse hinsichtlich Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklungen im globalen Modell geschätzt. Dabei konnte ein Wirkungszusammenhang, welcher über die Zeit und auf die verschiedenen abhängigen Variablen unterschiedlich stark variiert, festgestellt werden. Die Modellschätzungen haben gezeigt, dass die Entwicklung der Bevölkerung gegenüber den anderen Raumnutzungen deutlich bessere Erklärungsgehalte aufweist. Die Regression der Vorwärtsauswahl sieht für alle Modelle als einflussreichste Variablen die Erreichbarkeit ÖV, die Erreichbarkeit IV (jeweils der Perioden t), sowie die Bevölkerungsentwicklung der Periode $t-1$, um die abhängige Variable, die Raumnutzung zu erklären.

10.2.2 Beitrag der einzelnen Dekaden an die Gesamtentwicklung

Die gewonnenen Resultate ermutigen, die Erreichbarkeit nun gesondert von den anderen Raum prägenden Variablen, in folgendem Modell genauer zu untersuchen. In diesem Modell wird der Beitrag der Erreichbarkeitsveränderungen innerhalb jeder Dekade auf die totale Bevölkerungsentwicklung zwischen 1950 und 2000 geschätzt. Als abhängige Variable einbezogen wird die Bevölkerungsentwicklung zwischen 1950 und 2000, genauer die logarithmierte relative Bevölkerungsentwicklung in einem Zeitraum von 50 Jahren. Unabhängige Variablen sind die logarithmierten Erreichbarkeitsentwicklungen eines jeden Jahrzehnts. Die abhängige Variable wird demnach anhand fünf unabhängiger Variablen untersucht. Es geht hierbei um die Frage, ob die Stärke des Zusammenhangs einem Trend unterliegt. Wiederum wird das multiplikative Modell verwendet, dabei wird, da die Erreichbarkeit als raumprägende Variable statistisch signifikant mit der Vorwärtsauswahl bereits ausgemacht werden konnte, mit ei-

ner herkömmlichen Regressionsanalyse gearbeitet.

Tabelle 20 Einfluss ÖV Erreichbarkeit auf Bevölkerung über die verschiedenen Jahrzehnte

Variablen:		Koeffizienten	t Statistik	
Konstante		-17.400	-89.717	
$\Delta E\ddot{O}V_{5060}$		0.935	44.723	
$\Delta E\ddot{O}V_{6070}$		1.007	54.329	
$\Delta E\ddot{O}V_{7080}$		1.190	50.361	
$\Delta E\ddot{O}V_{8090}$		0.981	41.170	
$\Delta E\ddot{O}V_{9000}$		0.658	29.530	
ANOVA:	Freiheitsgrade	Mittlere Quadratsummen	F	Sig
Regression	5	140.342	3428.772	0.000
Residuen	2882	0.041		
Gesamt	2887			
Regressionsstatistik:				
Adjustiertes Bestimmtheitsmass:	0.856	Standardfehler:	0.202	

Die Erklärungsanteile der Erreichbarkeitsentwicklungen ÖV in Zehnjahresschritten für die Bevölkerungsentwicklung über 50 Jahre wird im Regressionsmodell in Tabelle 20, jene der Erreichbarkeitsentwicklungen IV in Tabelle 21 angegeben. Der Wert der Koeffizienten im ÖV Modell nehmen über die Zeit zu, erreichen in den 70er Jahren einen Höhepunkt und sinken seitdem wieder langsam. Alle Koeffizienten sind hoch signifikant, das adjustierte Bestimmtheitsmass ist mit 0.856 sehr hoch. Für das Modell mit IV Erreichbarkeitsentwicklungen (Tabelle 21) können keine ähnlichen Aussagen gemacht werden, ein Trend für die Koeffizientenwerte kann nicht ausgewiesen werden. Diese sind zwar auch signifikant, allerdings deutlich weniger stark als im ÖV Modell, auch liegt das adjustierte Bestimmtheitsmass mit 0.1 viel tiefer.

Tabelle 21 Einfluss IV Erreichbarkeit auf Bevölkerung über die verschiedenen Jahrzehnte

Variablen:		Koeffizienten	t Statistik	
Konstante		-18.314	-10.047	
ΔEIV_{5060}		0.724	3.066	
ΔEIV_{6070}		1.103	8.367	
ΔEIV_{7080}		0.790	4.973	
ΔEIV_{8090}		0.691	3.537	
ΔEIV_{9000}		1.533	5.545	
ANOVA:	Freiheitsgrade	Mittlere Quadratsummen	F	Sig
Regression	5	72.154	59.690	0.000
Residuen	2641	1.209		
Gesamt	2646			
Regressionsstatistik:				
Adjustiertes Bestimmtheitsmass:	0.100	Standardfehler:	1.099	

10.3 Interpretation

Diese in diesem Kapitel besprochenen globalen Modelle sind als eine erste Annäherung an die Erklärung des Einflusses der Erreichbarkeit auf die Raumstruktur zu verstehen. Bereits jetzt lassen die Analysen obiger Modelle grundlegende Schlussfolgerungen zu. Wird die Schweiz als ganzes betrachtet so sind folgende Muster zu erkennen:

1. Die verbesserte Erreichbarkeit hat einen signifikant positiven Einfluss auf die Bevölkerungsentwicklung.
2. Bevölkerung und Arbeitsplätze reagieren elastischer auf ÖV- denn auf IV Erreichbarkeitsveränderungen. Auch sind die Wirkungszusammenhänge bei den ÖV Modellen klarer (Die Modellgüte ist für die Modelle mit dem IV als unabhängige Variablen über die Zeit deutlich geringer als für die Modellschätzungen für den ÖV Beitrag jeder Dekade).
3. Die Erreichbarkeit hat grössere Einflüsse auf die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzent-

wicklung des Sektors 2, denn auf die Arbeitsplatzentwicklung des dritten Sektors.

4. Die Modellgüte ist für die Modelle mit der Kriteriumsvariable Arbeitsplatzentwicklung geringer als für diejenigen mit der Kriteriumsvariable Bevölkerungsentwicklung.
5. Die ersten einfachen Modelle, welche die Komponente Zeit einbeziehen, zeigen, dass die Einflüsse auf die jeweils unabhängige Variable sich für alle Modelle über die Zeit stetig zu verkleinern scheinen. Die Wirkungszusammenhänge nehmen über die Zeit ab.
6. Die Güte der Modelle (Bestimmtheitsmasse) nimmt über die Zeit kontinuierlich ab.

Die Stärke der Kausalzusammenhänge zwischen Erreichbarkeitsinfrastrukturausbauten und räumlicher Entwicklung vermindern sich also über die Zeit. Parallel dazu nimmt auch der Erklärungsgehalt (Signifikanz der Koeffizienten, Bestimmtheitsmasse) der Wirkungszusammenhänge ab, die Modellresultate werden also zunehmend diffus.

11 Ergebnisse auf disaggregierter Ebene

Nachdem im letzten Kapitel Wirkungszusammenhänge zwischen Verkehrsinfrastruktur und räumlicher Entwicklung nachgewiesen werden konnten, wird die Analyse in diesem Kapitel um eine räumliche Komponente erweitert, die Schweiz wird in ihre politischen Hierarchien unterteilt, um so der starken geographischen Relevanz der Fragestellung genügen zu können. Die Hypothese hierbei geht davon aus, dass sich die Auswirkungen von verkehrlichen Infrastrukturausbauten auf raumstrukturelle Entwicklungen aufgrund der topographischen Gegebenheiten sowie der ökonomischen, demographischen und fiskalen Mustern der administrativen Einheiten (Kantone), unterschiedlich stark auf die Regionen ausprägen können.

Es gibt eine Vielzahl von Anwendungen, welche in der Lage sind, geographisch definierte Daten statistisch zu verarbeiten (siehe Tschoop, 2004). In dieser Arbeit wird hierzu der Ansatz der Hierarchischen Modelle oder auch *Multilevel Modelling* verwendet. Es gibt diverse Beispiele, in denen Multilevel Modelle zur Anwendung kamen, um geographische Variationen, wie räumliche Muster von Hauspreisen oder des Abstimmungsverhaltens oder die geographische Variation der Beanspruchung des Gesundheitssystems zu untersuchen (siehe Fotheringham, 2001).

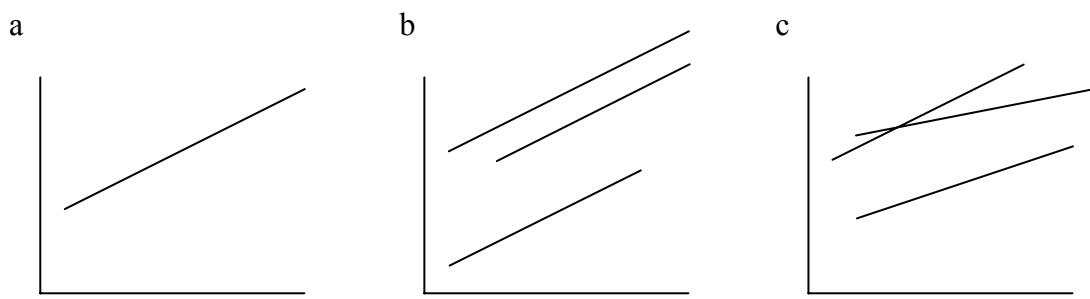
In einer ersten Phase wird der hierarchische Modellansatz beschrieben und erste Schätzungen auf zwei Ebenen berechnet und kommentiert. In einer zweiten Phase werden die Modelle um die Komponente Zeit erweitert um die Frage nach den temporalen Variationen der Wirkungszusammenhänge beantworten zu können. Dabei stehen verschiedene Herangehensweisen zur Verfügung. Drei davon werden zu Modellschätzungen herangezogen, sie werden beschrieben und deren Vor- und Nachteile kommentiert.

11.1 Einführung in die Modellierung hierarchischer Modelle

Hierarchische Modelle wurden zuerst in der empirischen Sozialforschung verwendet. Die typische Aufgabe des *Multilevel Modelling* ist die Trennung von persönlichen und örtlichen Charakteristika des Verhaltens (Goldstein, 1987; Jones, 1991). In der Sozialforschung ist häufig das Individuum die unterste Analyseeinheit. Hier sind es die einzelnen Gemeinden. In dieser Arbeit wird die für *Multilevel Modelling* spezialisierte Software MLwiN Version 2.2 verwendet (Für den Beschrieb der Software siehe Rashbash et al., 2000).

Multilevel Modelle versuchen, eine individuellen Ebene, welche die kontextuellen (in diesem Fall: räumlichen) Verhaltensvariationen berücksichtigt, mit einer übergelagerten Makroebene zu kombinieren. Eine räumliche Unterteilung eines Untersuchungsgebietes vorzunehmen impliziert, dass sich die Verhaltensvariationen von Raumeinheit zu Raumeinheit unterscheiden. Das typische Merkmal der Mehrebenenmodelle ist nun, dass das statistische Modell explizit eine hierarchische Struktur unterstellt und identifiziert. Die genaue Analyse der Hierarchieebenen ermöglicht zu verstehen, wo und in welcher Stärke Effekte auftauchen und ob sich diese signifikant unterscheiden. Abbildung 31 zeigt schematisch die Unterschiede zwischen globalen und hierarchischen Regressionsmodellen.

Abbildung 31 Unterschied zwischen globaler und hierarchischer Regression



a) globale Regressionsgerade (wie in Kapitel 10)

b) divergierende Konstanten

c) divergierende Konstanten und Steigungen

Ein häufig verwendetes Multilevel Modell ist das Zwei-Ebenen Modell. Als Beispiel könnte man sich Daten von Gemeinden vorstellen, welche in die nächst höhere administrative Einheit (Kantone) eingebettet sind (diese Modellanlage wird im Folgenden auch vielfach so verwendet). Das Modell auf der ersten, unteren Ebene stellt dann das disaggregierte Verhältnis zwischen den jeweiligen Daten der Gemeinden dar. Das Modell auf der zweiten Ebene dagegen beschreibt die Einflüsse der Faktoren auf der höheren, der Kantonsebene. $i = 1, \dots, n_j$ sind die Einheiten auf der ersten Ebene (Gemeinden), die den $j = 1, \dots, J$ Level 2 Einheiten (Kantone) zugeteilt sind. Die Grundgleichung (14) wird folgendermassen modifiziert:

$$\Delta y_{ij} = \beta_{0ij} x_0 + \beta_{1j} \Delta x_{1ij} \quad (15)$$

wobei:

$$\begin{array}{c} \text{Fixed part} \quad \text{Random part} \\ \underbrace{\hspace{1cm}} \quad \underbrace{\hspace{1cm}} \\ \beta_{0ij} = \beta_0 + u_{0j} + e_{0ij} \end{array} \quad (16)$$

und

$$\begin{array}{c} \text{Fixed part} \quad \text{Random part} \\ \underbrace{\hspace{1cm}} \quad \underbrace{\hspace{1cm}} \\ \beta_{1ij} = \beta_1 + u_{1j} + e_{1ij} \end{array} \quad (17)$$

wobei:

Δy abhängige Variable (z. B. Bevölkerungsentwicklung)

$\beta_{0,1}$ Parameter

x_0 Konstante

Δx_1 unabhängige Variable (z. B. Erreichbarkeitsentwicklung)

u Residuen (Abweichung des y-Achsenabschnittes (resp. Steigung) des j -en Kantons vom Gesamtwert)

e Residuen (Abweichung des Wertes der i -ten Gemeinde vom vorhergesagten Wert)

i Level 1 (Gemeinde)

j Level 2 (Kanton)

Zusammenfassend: u_{0j} und u_{1j} sind die Residuen von β_0 und β_1 auf der Kantonsebene. Sie erlauben der Regressionsgeraden des Kantons j sich in beidem, der Steigung und der Konstante, von der Durchschnittslinie zu unterscheiden, definiert durch β_1 und β_2 . β_1 und β_2 werden daher als *Fixed Part* bezeichnet; u_{ij} und e_{ij} , die Residuen im Modell sind der *Random Part*. Statt nun nur eine Regressionslinie zu konstruieren wie in den globalen Modellen des vorangegangenen Kapitels, wird nun für jeden Kanton eine eigene Regressionsgerade mit eigenem y-Achsenabschnitt und eigener Steigung berechnet. Die individuellen Werte einer jeden Gemeinde variieren mit dem Wert e um die Regressionsgerade für den gesamten Untersuchungsraum, die Werte jedes Kantons mit dem Wert u um die globale Regressionsgerade.

Wie bereits angesprochen impliziert eine räumliche Einteilung eines Untersuchungsgebietes, dass ein räumlicher Prozess diskontinuierlich ist, dass sich diese Prozesse von Raumeinheit zu Raumeinheit unterscheiden können. Fotheringham, 2000, nennt dazu politisch unterteilte Regionen, in denen die politischen Entscheidungsträger auf das Verhalten im Raum oder auf die räumlichen Strukturen Einfluss nehmen können, wobei sich diese Einflussnahme von Raumeinheit zu Raumeinheit stark unterscheiden kann. Als Beispiele nennt er die relativ autonomen amerikanischen Bundesstaaten. Es scheint daher legitim, in derselben Analogie für die Modelle in dieser Arbeit den Untersuchungsraum in die verschiedenen schweizerischen

Kantone aufzuteilen. Diese stellen allerdings nicht immer in sich geschlossene geographische Einheiten dar. Trotzdem ist es sinnvoll, die räumliche Abgrenzung für den zweiten übergeordneten Level auf diese Weise vorzunehmen, liegt doch in der föderalen Schweiz ein Grossteil der Kompetenz für die Verkehrsnetzplanung, den Bau und Unterhalt auf kantonaler Ebene. Als Ergänzung wird die Schweiz in ausgewählten Untersuchungen statt nur geographisch auch schematisch nach der ARE Gemeindetypisierung (siehe Kapitel 7) unterteilt.

11.2 Modifizierung der Daten

Die in Kapitel 10 verwendeten globalen Modelle ergaben eine gute Annäherung an die Fragestellung, sie weisen allerdings ihre Limitationen auf. Die Schweiz ist im Untersuchungszeitraum um über 2.5 Mio. Einwohner gewachsen was einem Bevölkerungswachstum von annähernd 50 % entspricht, ähnliche Wachstumsraten gelten auch für die Arbeitsplätze der Sektoren 2 und 3. Es versteht sich also von selbst, dass diese vor allem exogen bedingten Einflüsse (Nettoimmigration, siehe dazu Abbildung 12), praktisch überall zu (absolutem) Wachstum geführt haben, wenn auch regional unterschiedlich stark. In den folgenden Modellen werden die Daten daher „zentriert“, das heisst, die abhängigen Variablen werden relativ zum mittleren Wachstum der ganzen Schweiz angesehen. Auf diese Weise müssen, um das Modell nicht zu verfälschen und um der Fragestellung nach den direkten Wirkungszusammenhängen zu entsprechen, externe Einflüsse (temporär erhöhte Immigrationsraten und (globale) Konjunkturschwankungen) herausgefiltert werden, was endogen bedingte, regionale Wachstumsdisparitäten über die Zeit besser erkennen lässt. In die Modelle fliesst also nicht die absolute, sondern relative Entwicklung der Gemeinden, im Vergleich zum schweizerischen Mittelwert, ein. Die Daten werden folgendermassen zentriert. Die Differenzen (Δ) werden nun also nicht mehr absolut, sondern relativ (in %) erfasst:

$$\text{zentr. } \Delta \text{ Wert}_{\text{Gemeinde}} = \text{rel. } \Delta \text{ Wert}_{\text{Gemeinde}} - \text{rel. } \Delta \text{ Wert}_{\text{Schweiz}} \quad (18)$$

wobei ein positiver Wert der nun standardisierten Variablen einem überdurchschnittlichen Wachstum im Verhältnis zum gesamtschweizerischen Wachstum entspricht.

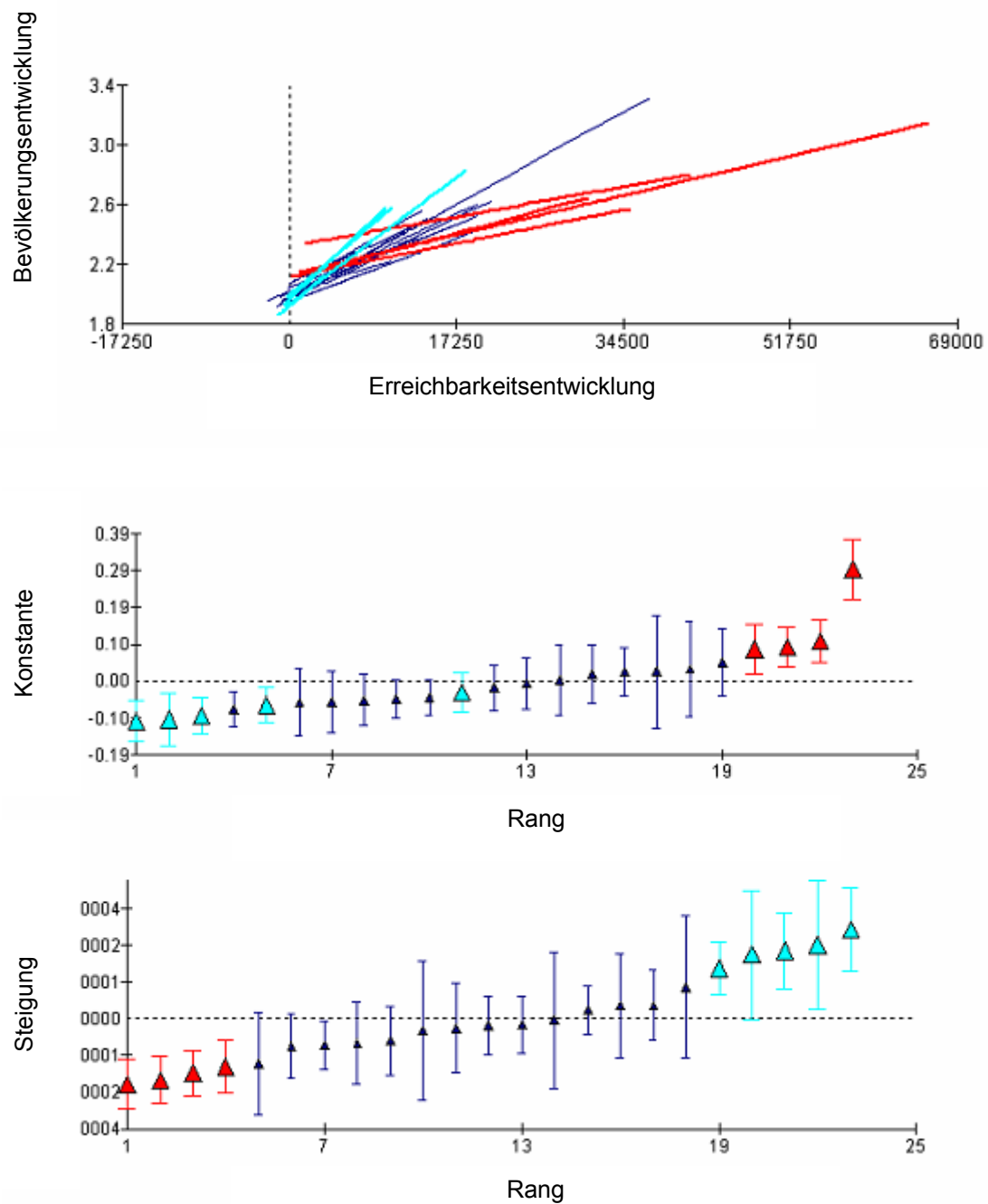
11.3 Modellschätzungen

Aus den ersten und noch über die ganze Schweiz geschätzten globalen Modellen in Kapitel 10 geht überall, wenn auch in unterschiedlicher Stärke hervor, dass eine positive Korrelation zwischen Erreichbarkeitsentwicklung und der Entwicklung der Bevölkerung, respektive Ar-

beitsplätze besteht, wobei die Wirkungszusammenhänge, wie auch die Güte der Modelle über die Zeit kontinuierlich abnehmen. Diese Tatsache soll in diesem Kapitel detaillierter untersucht werden. Es wird dabei im speziellen der Frage nach regionalen Unterschieden nachgegangen.

In einer ersten einführenden Schätzung eines hierarchischen Modells wird aufgrund der in Kapitel 10 gewonnenen Erkenntnisse die Bevölkerungsentwicklung mit der Erreichbarkeitsentwicklung (jetzt Personenerreichbarkeit) erklärt. Die abhängige Variable ist wieder die relative Bevölkerungsentwicklung (jetzt allerdings relativ zur gesamtschweizerischen Entwicklung), als unabhängige Variable wird die absolute Personenerreichbarkeit für den IV einbezogen. Von Interesse ist wiederum die Stärke des Zusammenhanges. Mit einer hierarchischen Regression können folgende Fragen beantwortet werden: Wo ist ein Zusammenhang feststellbar, und wenn ja, wie stark ist er? Um diese räumlichen Unterschiede herausarbeiten zu können wird die Schweiz nun, wie besprochen, in verschiedene Hierarchiestufen unterteilt. Für den Level 1 werden, wie in der Einführung beschrieben, die Gemeinden gewählt, welche dann den entsprechenden Kantonen (Level 2) zugeordnet werden. In diesem vorerst linearen Modell wird die Auswirkung der Entwicklung der Erreichbarkeit auf die Bevölkerungsentwicklung innerhalb des gesamten Untersuchungsraumes untersucht. Abbildung 32 zeigt auf, wie stark die Bevölkerung auf verbesserte Erreichbarkeiten reagiert (was sich in der Steigung der Regressionsgeraden widerspiegelt). Der zweite Teil der Abbildung zeichnet die Residuen, sowohl der Steigung, wie auch der Konstanten, der Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der y-Achse, auf und zeigt wie stark sie vom globalen Modell über die gesamte Schweiz abweichen. Die Bandbreite gibt den Konfidenzintervall auf dem 95 % Niveau an. Die angegebenen Bandbreiten für jeden Kanton rühren von den unterschiedlich grossen Stichproben (Anzahl Gemeinden in einem Kanton; je weniger Gemeinden in einer Level 2 Gruppe zusammengeschlossen sind, desto grösser dieser Intervall) her, was die Konfidenzbereiche entsprechend verschieden breit werden lassen.

Abbildung 32 Auswirkungen der Erreichbarkeit auf die Bevölkerungsentwicklung im hierarchischen Modell: Regression und Residuen Kantone



Rot, respektive blau eingefärbt sind diejenigen Kantone, deren Steigungen signifikant über (respektive unter) dem Durchschnitt für die ganze Schweiz liegen. Da die Halbkantone Appenzell Ausserrhoden und Innerrhoden, Nidwalden und Obwalden, sowie Basel-Stadt und Baselland aufgrund der geringen Anzahl Gemeinden (und damit der zu kleinen Anzahl Beobachtungen) zusammengefasst wurden, erscheinen in Abbildung 32 nur 23 Kantone.

Bei der Analyse fällt die unterschiedliche Elastizität der ruralen und alpinen Kantone einerseits und der stark besiedelten Mittellandkantone andererseits auf. Während in den Grossräumen und Agglomerationen des Mittellandes, dies v. a. im Dreieck Zürich-Luzern-Basel, sowie im Kanton Genf eine gewisse Sättigung zu existieren scheint und andere Faktoren als Erreichbarkeit wohl massgebender für die Siedlungsentwicklung sind, spielt sie in alpinen Regionen offenbar nach wie vor eine bedeutende Rolle (siehe Abbildung 33). Diese Feststellungen werden in der Folge genauer untersucht.

Abbildung 33 Hierarchisches Modell: Regression und Residuen Kantone

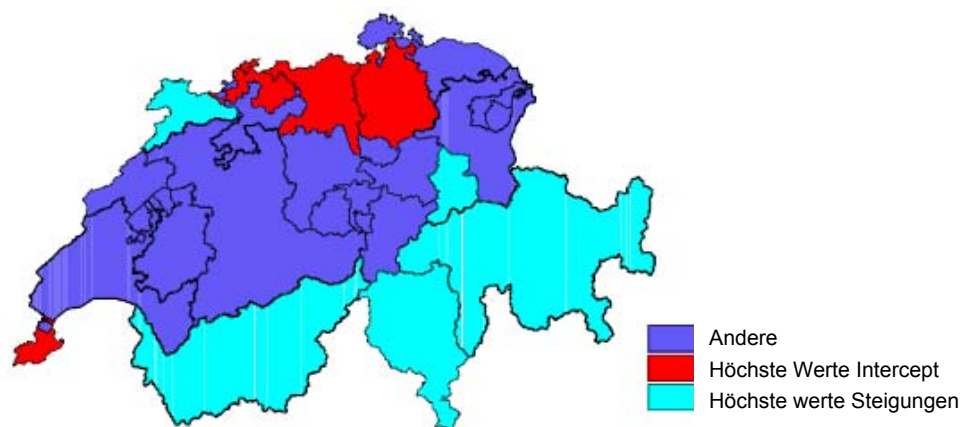


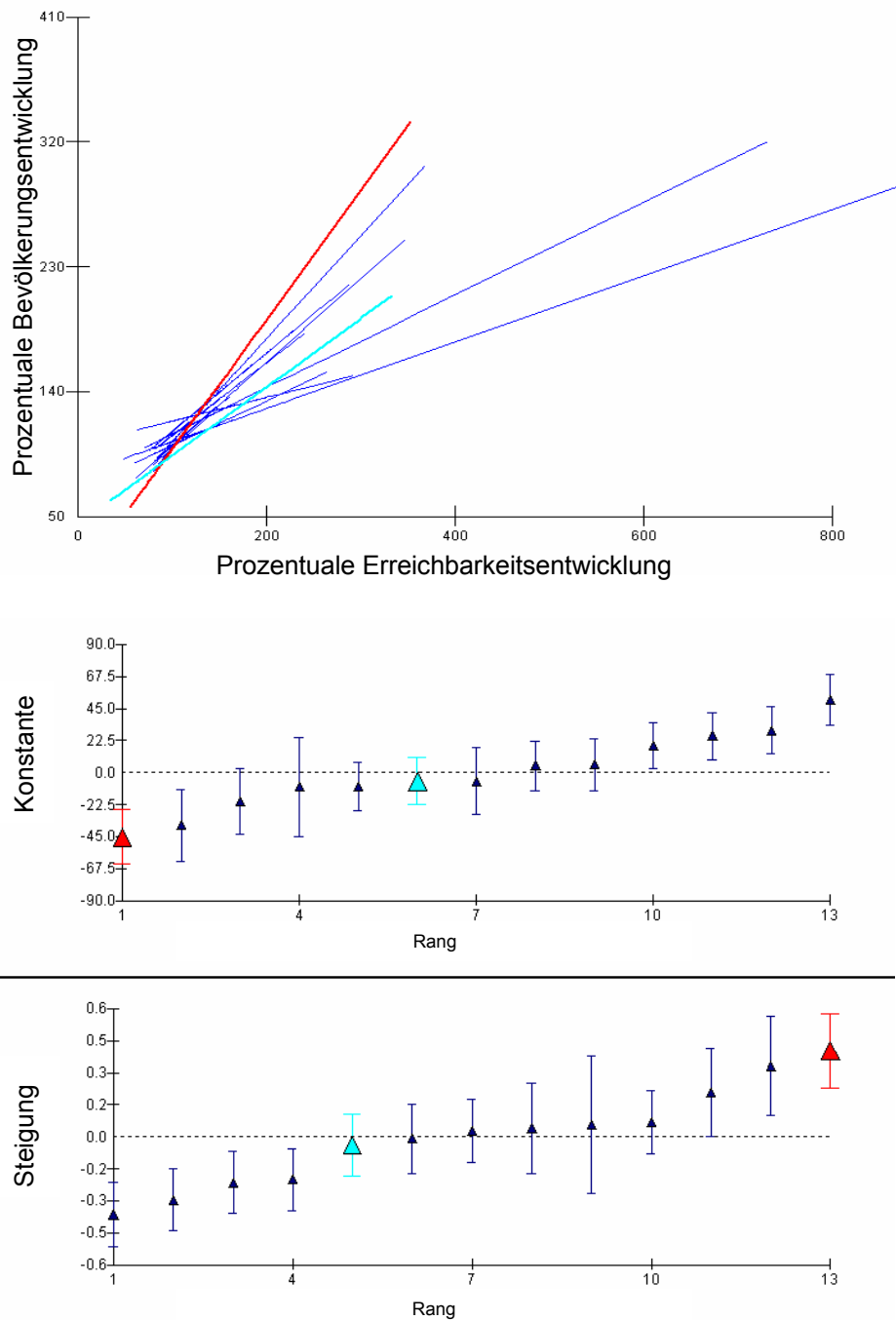
Abbildung 34 zeigt wiederum ein Zweiebenenmodell, allerdings wird der Level 2 nun nicht durch eine räumliche Einteilung, sondern durch eine Einteilung anhand der in Kapitel 8 genannten ARE Gemeindetypisierung, unterteilt. Die erklärende Variable ist wiederum die relative Erreichbarkeit IV, die abhängige Variable ist nun die relative Bevölkerungsentwicklung. Die Achsen geben in diesem Modell jeweils die vom Wert des Ausgangszeitpunktes prozen-

tuale Entwicklung der Variablen an. Was bereits Abbildungen 31 und 32 zeigten, nämlich dass die Bevölkerung in alpinen Regionen sehr elastisch auf Erreichbarkeitsveränderungen reagiert, wird hier bestätigt. Während die zum Vergleich hingezogenen peripheren ruralen Regionen (blaue Regressionsgerade) sich nicht signifikant anders als der schweizerische Durchschnitt verhalten, wird klar, dass die Prosperität der touristischen Gemeinden (rote Regressionsgerade) stark von der Erreichbarkeitsentwicklung abhängt. Dieser Gemeindetyp weist sowohl die signifikant tiefste Konstante wie auch die grösste Steigung aller Gemeindetypen auf.

Gute Erreichbarkeit scheint also vor allem aber in touristischen Regionen eine bedeutende Rolle für die demographische (und ökonomische) Prosperität einer Gemeinde zu spielen. Vom Tourismus abhängige Regionen entwickeln sich also vor allem dann gut, wenn sie auch ausreichend an die regionale und überregionale Verkehrsinfrastruktur angeschlossen sind.

Die ersten hierarchischen Modelle zeigen nun, dass diese Art von räumlich differenzierten Regressionen Resultate hervorbringen, welche in einer gewöhnlichen Regression verborgen bleiben. Sie werden daher in der Folge weiterentwickelt.

Abbildung 34 Hierarchisches Modell: Regression und Residuen Gemeindetypen



11.4 Die Komponente Wachstum im hierarchischen Modell

Das statische Mehrebenenmodell wird in diesem Kapitel um die Komponente Zeit erweitert. Bei dieser erweiterten Analyse geht es darum, herauszufinden, wann die beobachteten Wirkungszusammenhänge welche Stärke aufweisen und ob diese einem Zeittrend unterliegen. Der Faktor Zeit wird in drei unterschiedlichen Variationen in der Modellschätzung berücksichtigt, welche in der Folge diskutiert werden.

Dies ist zum einen ein Modell, welches die Zeit über *Repeated Measures*, oder die Komponente Wachstum einbezieht (siehe 11.4.1). Dabei wird ein Zweistufenmodell beschrieben, welches als zweite, obere Hierarchiestufe statt einer geographischen Einheit (Kantone) wie oben, eine zeitliche (Jahrzehnte) beinhaltet. Zum anderen sind das Modelle, welche den Beitrag der Entwicklung der verschiedenen Jahrzehnte als unabhängige Variable postulieren. Die unabhängige Variable ist dabei die Bevölkerungsentwicklung über den ganzen Untersuchungszeitraum (analog zu den globalen Modellen z. B. in Tabelle 12). Es ergibt sich auf diese Weise quasi eine Kombination der globalen Modelle mit den ersten hierarchischen Modellen ohne zeitliche Komponente (siehe 11.4.2). Diese Modelle werden sodann um eine dritte Ebene, welche neben Gemeinden und Kantonen, Zeiträume (Jahrzehnte) beinhalten, erweitert (11.4.3). Sie sind in der Lage die ganze Informationsfülle der vorliegenden, detaillierten Daten, welche in Panelform (feine räumliche Aufteilung über verschiedene Zeiträume) vorliegen, zu verarbeiten und zu analysieren.

11.4.1 Lineare Zeitreihenanalysen im hierarchischen Modell

Zunächst werden lineare *Repeated Measures*, also lineare Zeitreihenanalysen, beschrieben. Die Ausgangslage ist dieselbe wie in Kapitel 11.3: Wiederum werden zwei Ebenen definiert. Die Kantone, in welche die Gemeinden eingebettet sind, definieren den Level 2, die linearen Zeitreihen, oder Gelegenheiten (*Occasions*), definieren den Level 1 (vgl. auch Rashbash et al., 2000). Diese Modellanlage mit Einbezug der Zeit, charakterisieren sich durch eine geringe Anzahl Einheiten auf dem ersten Level, nämlich nur die einbezogenen Punkte auf der untersuchten Zeitachse (in diesem Fall 1960, 1970, 1980, 1990 und 2000) und einer Vielzahl Einheiten auf dem zweiten Level, sie entsprechen hier den in die Kantone eingebetteten Gemeinden. Zunächst wird ein lineares Modell geschätzt, welches die absoluten Entwicklungen der ÖV Erreichbarkeiten zwischen 1960 und dem Jahr 2000 beschreibt. Die abhängige Variable ist, anders als bei den Modellen oben, die Erreichbarkeitsentwicklung. Die unabhängige Variable ist die Zeit. Das Modell erklärt also, inwieweit die Zeit die ÖV Erreichbarkeitsentwicklung beeinflusst. Berechnet wird die Erreichbarkeitsentwicklung in absoluten Werten.

Abbildung 35 zeigt den Output des geschätzten Modells, wie er von MlwiN 2.2 dargestellt wird (für die Outputs der weiteren hierarchischen Modelle sei auf Anhang A5 verwiesen).

β_{0ij} ist, wie oben definiert, der Koeffizient der Konstanten. Er ist positiv und signifikant (Wert der t Statistik in Klammern: 166.328). β_{1ij} ist der Koeffizient der unabhängigen Variablen (in diesem Fall der Zeit). β_{1ij} ist positiv und signifikant (Wert der t Statistik: 53.978), was impliziert, dass die Erreichbarkeit über die Zeit gewachsen ist, und somit mit den Resultaten der globalen Modelle in Kapitel 10 gut übereinstimmt.

Abbildung 35 Die Auswirkung der Zeit auf die Erreichbarkeit ÖV (absolute Werte)

$$\text{beving}_{ij} \sim N(XB, \Omega)$$

$$\text{beving}_{ij} = \beta_{0ij}\text{CONS} + \beta_{1ij}\text{timing}_{ij}$$

$$\beta_{0ij} = 1734.409(166.328) + u_{0j} + e_{0ij}$$

$$\beta_{1ij} = 382.299(53.978) + u_{1j}$$

$$\begin{bmatrix} u_{0j} \\ u_{1j} \end{bmatrix} \sim N(0, \Omega_u) : \Omega_u = \begin{bmatrix} 637671.300(199415.000) \\ 192662.200(57434.790) & 66913.760(20701.460) \end{bmatrix}$$

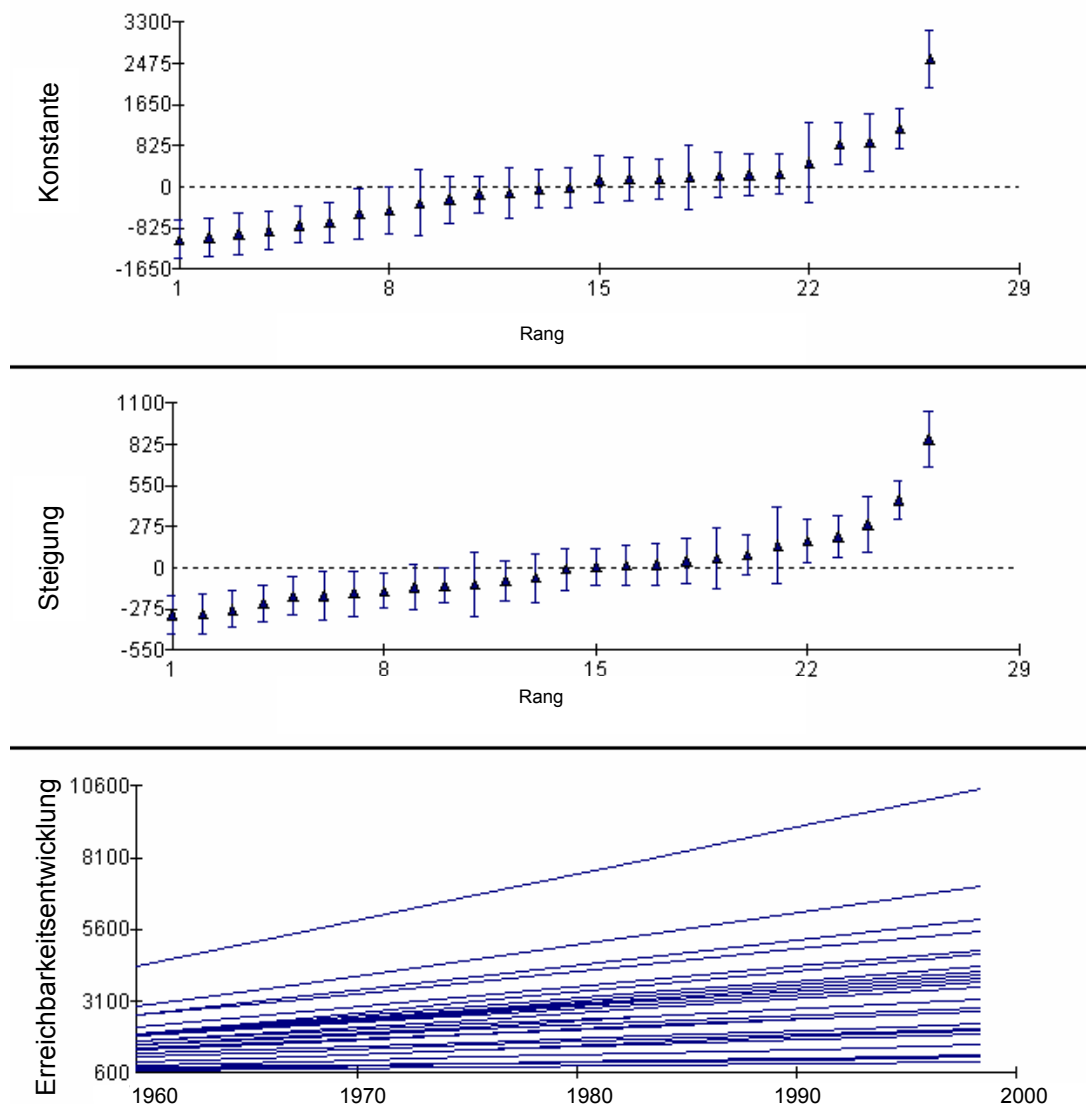
$$\begin{bmatrix} e_{0ij} \end{bmatrix} \sim N(0, \Omega_e) : \Omega_e = \begin{bmatrix} 10756000.000(115660.100) \end{bmatrix}$$

$$-2*\text{loglikelihood(IGLS Deviance)} = 330080.300(17340 \text{ of } 17340 \text{ cases in use})$$

u_{0j} gibt die Varianz der Abweichung der Konstanten über die verschiedenen Kantone, auf dem zweiten Level vom schweizerischen Durchschnitt an; u_{1j} diejenige der Steigungen der Regressionsgeraden der verschiedenen Kantone vom nationalen Mittelwert. e_{0ij} gibt die Varianz der verschiedenen Zeitpunkte, auf Level 1 an. In Klammern sind jeweils die t Statistiken angegeben. Der Wert des Loglikelihood ist ein Mass für die Modellgüte. Sein Wert interessiert, wenn er mit einem anderen, vorangegangenen oder nachfolgenden Modell verglichen wird. Wird der Wert des Loglikelihood von Modell zu Modell signifikant kleiner, so hat sich die Modellgüte durch die Veränderungen verbessert (siehe Maddala, 2002). Der Output des geschätzten Modells besagt also, dass die Erreichbarkeit über die Zeit ansteigt (und dies signifikant). Diese Erkenntnis haben schon die globalen Modelle geliefert und erstaunt daher, auch bei einem nur oberflächlichen Überschlagn der Infrastrukturentwicklung von Strasse und Schiene über die letzten 50 Jahre, wenig. Allerdings zeigt dieses Modell, dass Unterschiede zwischen den verschiedenen Kantonen existieren und dass diese Unterschiede signifikant

sind. (Abbildung 36).

Abbildung 36 Die Auswirkung der Zeit auf die Erreichbarkeit ÖV (absolute Werte)

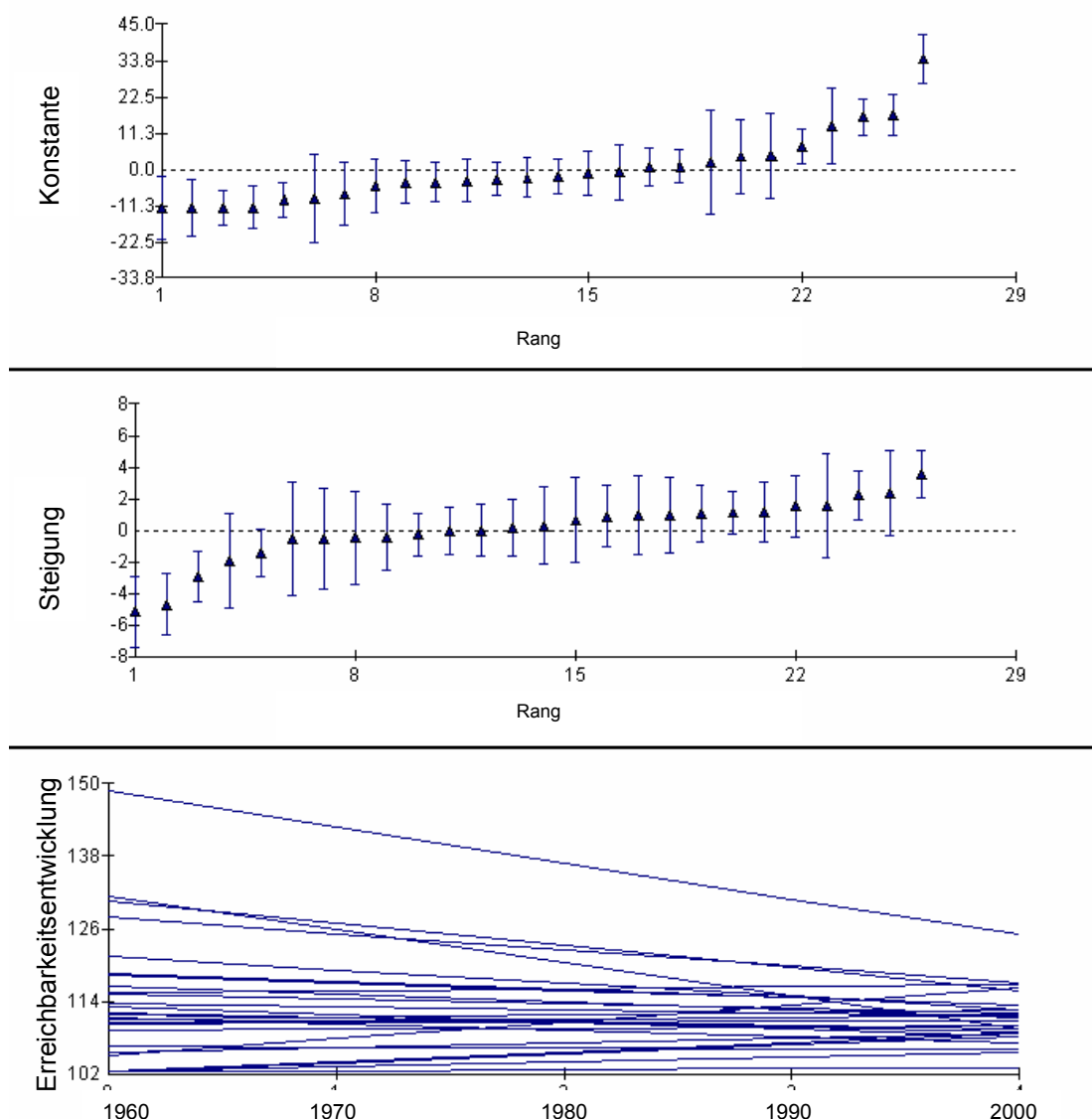


Zusammenfassend kann die Graphik folgendermassen interpretiert werden: Kantone, welche zu Beginn (1960) über eine grosse absolute Erreichbarkeit verfügt haben, sind eher in der Lage, ihre Erreichbarkeit über die Zeit absolut zu vergrössern; anders ausgedrückt: Konstante und Steigung korrelieren positiv, die Kantone, welche über eine tiefe Konstante verfügen, welche 1960 auf einem tiefen Erreichbarkeitsniveau starten, weisen auch eine nur geringe Steigung auf. Wiederum ist dieses Resultat jedoch wenig erstaunlich, denn bedingt durch die

hohen Werte der Potentiale in den Ballungsräumen, nimmt mit (nur geringem) Ausbau der Infrastruktur auch das Potential proportional stärker zu als in peripheren, dünn besiedelten Regionen.

Daher drängt sich eine Modellschätzung mit den gleichen linearen Zeitreihenanalysen, aber diesmal mit den relativen Werten auf (relativ heisst hier in Prozenten des Ausgangswertes). Nun zeigt sich ein anderes Bild (Abbildung 37):

Abbildung 37 Die Auswirkung der Zeit auf die Erreichbarkeit ÖV (relative Werte)



Die Regressionsgeraden der einzelnen Kantone verlaufen jetzt vielfach negativ. Die dazuge-

hörige Modellschätzung ist in Tabelle 22 abgebildet. Die globale Durchschnittsregressionsgerade der ganzen Schweiz verläuft negativ, allerdings nicht signifikant (negatives β_{1j} , der t Wert beträgt 0.517). Ein Trend über die ganze Schweiz ist nicht festzustellen. Dies bedeutet, dass sich über die Zeit die Erreichbarkeitsverbesserungen in vielen Kantonen über die Jahrzehnte abgeschwächt haben. Diese Abschwächung ist dabei umso stärker ausgefallen, je höher die Ausgangswerte (Konstante) waren. Die weiteren relativen Erreichbarkeitsverbesserungen nehmen gegen die Gegenwart hin ab. Kantone mit geringeren Ausgangswerten dagegen konnten ihre relativen Erreichbarkeitsverbesserungen zum Teil erhöhen, wobei eine Angleichung der Entwicklungen der verschiedenen Kantone über die Zeit festzustellen ist.

Tabelle 22 Die Auswirkung der Zeit auf die Erreichbarkeit ÖV (relative Werte)

$$\Delta EÖV = \beta_{0ij} \text{ cons} + \beta_{1j} \text{ time}_{ij}$$

Fixed part

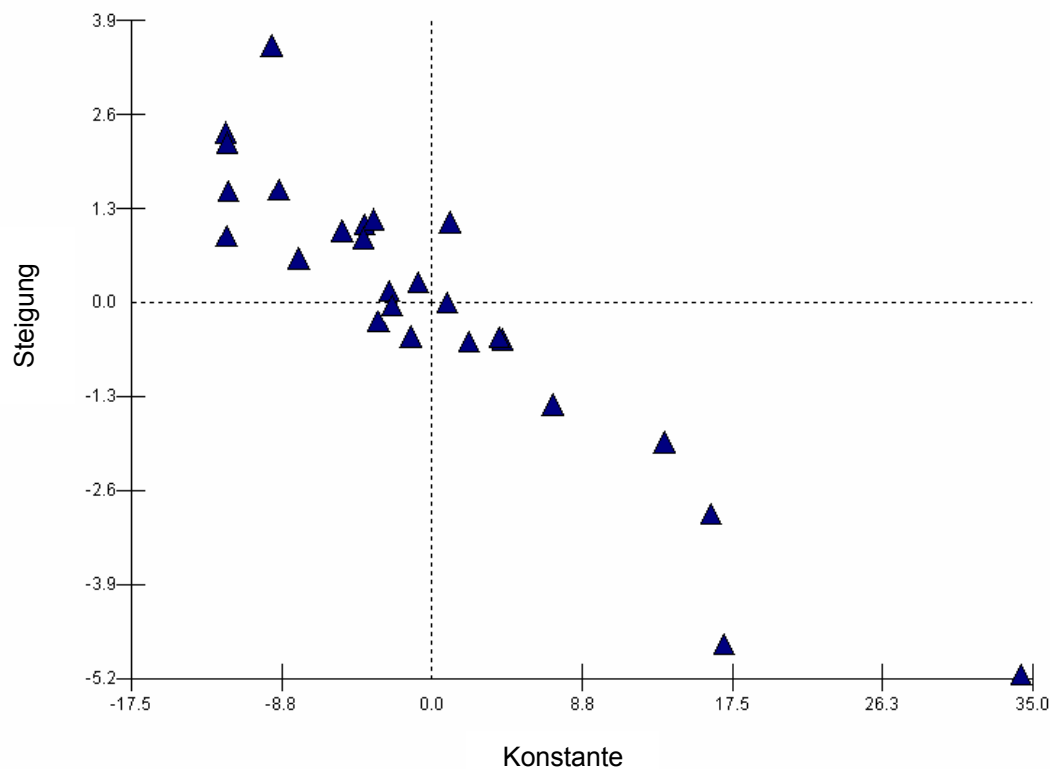
Predictor	Koeffizient	Standard Error
β_{0ij}	114.368	2.351
β_{1ij}	-0.761	0.517

Random part

Abweichung Level 2 (Kanton)		
u_{0j}	125.845	39.360
u_{1j}	4.990	1.851
Abweichung Level 1 (Zeit)		
e_{0ij}	1037.179	12.222
Loglikelihood	141453.000	

Der besprochene negative Zusammenhang zwischen dem Ausgangswert und relativer Entwicklung (zwischen Konstante und den Steigungen) aller Kantone kann mittels eines Residuenplots für jeden Kanton graphisch dargestellt werden (siehe Abbildung 38). Die Punkte 0 auf der x- und der y-Achse sind dabei nicht die absoluten Werte, sondern sie zeigen die Mittelwerte über die ganze Schweiz (Darstellungen von Konstante und Steigung, wie z. B. in Abbildung 37) auf. Eine negative Korrelation ist deutlich sichtbar.

Abbildung 38 Die Auswirkung der Zeit auf die Erreichbarkeit ÖV (relative Werte): *Pair-wise residual Plot* zwischen Steigung und Konstante



Die bis hier geschätzten linearen Zeitreihenmodelle haben nur die Erreichbarkeit in Abhängigkeit der Zeit geschätzt. Eine Möglichkeit, die Auswirkung der Erreichbarkeitsentwicklung auf die Bevölkerungsentwicklung in dieser, sehr zeitrelevanten Art von Modellen, ist, eine Art Elastizität der Beziehungen dieser Variablen zueinander über die verschiedenen Jahrzehnte zu schätzen. Es wird so die Bevölkerungsentwicklung aufgrund der Erreichbarkeitsentwicklung geschätzt. Im folgenden Modell wird daher Quotient aus Bevölkerungs- und Erreichbarkeitsentwicklung $QBÖV$ je über 10 Jahre analog wie oben über die Zeit geschätzt. Auf diese Weise gelingt es, die Stärke der genannten Zusammenhänge über die Zeit darzustellen und zu beschreiben. Das Modell soll eine Antwort liefern, inwieweit, wo und zu welcher Zeit Erreichbarkeitsverbesserungen für die Bevölkerungsentwicklung von Belang waren.

Die Resultate dieser Schätzung (Tabelle 23) zeigen eine schwache, aber signifikante Zunahme der Abhängigkeit über die Zeit (positives β_{Ij} , t Wert beträgt 0.004). Allerdings verhalten sich die Kantone wiederum sehr uneinheitlich: Kantone mit hohen Elastizitäten zu Beginn der Untersuchungsperiode tendieren dazu, über die Zeit tiefere Quotienten zu generieren, was be-

deutet, dass sich der Einfluss der Erreichbarkeitsentwicklung auf die Bevölkerungsentwicklung tendenziell abschwächt.

Tabelle 23 Die Auswirkung der Zeit auf den Quotienten Erreichbarkeits-/Bevölkerung (relative Werte, linear)

$$\Delta QBÖV = \beta_{0ij} \text{ cons} + \beta_{1j} \text{ time}_{ij}$$

Fixed part

Predictor	Koeffizient	Standard Error
β_{0ij}	-0.064	0.017
β_{1ij}	0.031	0.004

Random part

Abweichung Level 2 (Kanton)		
u_{0j}	0.007	0.002
u_{1j}	0.000	0.000
Abweichung Level 1 (Zeit)		
e_{0ij}	0.029	0.000
Loglikelihood	-10066.100	

Diese Entwicklung kann in der graphischen Darstellung der Modellschätzung in Abbildung 39 und im Plot der Residuen zwischen Steigung und Konstante in Abbildung 40 verfolgt werden. Letztere zeigt ein ähnliches Bild, wie in dem Modell zur Erreichbarkeitsschätzung über die Zeit (Abbildung 38): Wiederum ist eine deutlich negative Korrelation zwischen Konstante und Steigung zu erkennen.

Abbildung 39 Die Auswirkung der Zeit auf den Quotienten Erreichbarkeit/Bevölkerung (relative Werte, linear)

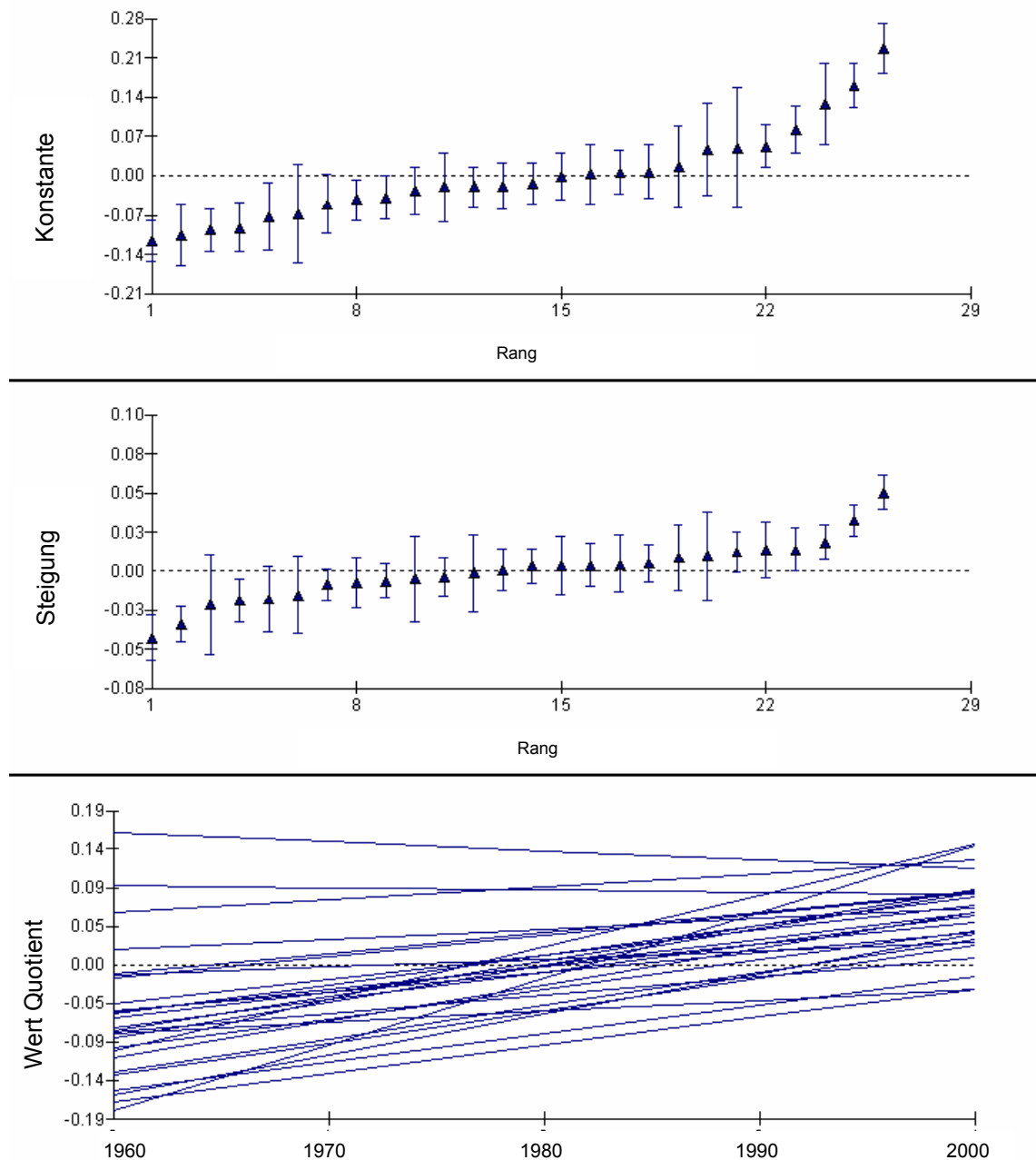
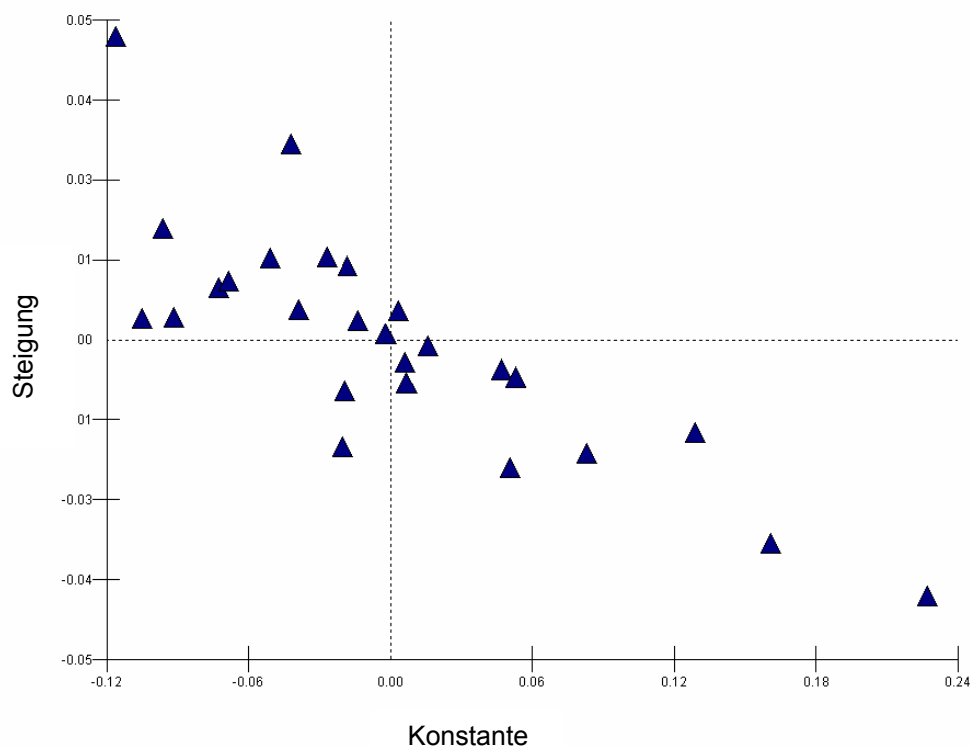


Abbildung 40 Die Auswirkung der Zeit auf die Erreichbarkeits-/Bevölkerungsquotienten (relative Werte): Plot der Residuen zwischen Steigung und Konstante



Die Entwicklung der Erreichbarkeit oder der Erreichbarkeitsbeziehungen muss allerdings nicht (und wird es wahrscheinlich auch nicht) einer linearen Entwicklung folgen. Auch aufgrund des nur schwach positiven Zusammenhangs (Wert β_{1j} : 0.031) im vorangegangenen Modell, drängt sich daher eine weitere Schätzung auf, welche auf einem nichtlinearen Modell aufbaut. Ein einfacher Weg, Nichtlinearität in eine Modellschätzung einzubauen ist, einen weiteren, quadratischen Term für den Faktor Zeit einzufügen. Das neue Modell besteht daher aus zwei unabhängigen Variablen.

Was vermutet wurde, tritt ein (siehe Tabelle 24): Wie erwartet ist der Wert für den Parameter β_{1j} immer noch positiv und signifikant, allerdings ist er mit 0.069 doppelt so hoch wie im vorangegangenen, linearen Modell. Der Parameter β_{2j} ist allerdings mit -0.009 negativ und ebenfalls signifikant. Diese Parameterschätzungen implizieren, dass sich der positive Trend im Mittel über die ganze Schweiz, gegen die Gegenwart hin, abschwächt.

Tabelle 24 Die Auswirkung der Zeit auf den Quotienten Erreichbarkeits/Bevölkerung (relative Werte, nichtlinear)

$$\Delta \text{ErrÖVrel} = \beta_{0ij} \text{cons} + \beta_{1j} \text{time}_{ij} + \beta_{2j} \text{time}_{ij}^2$$

Fixed part

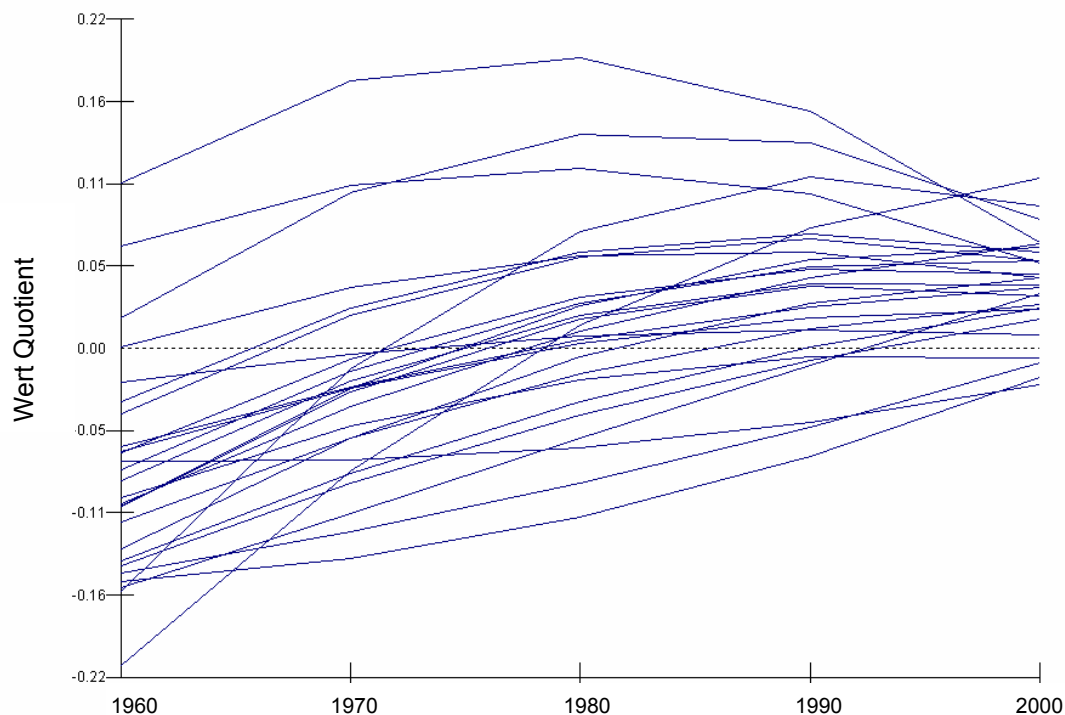
Predictor	Koeffizient	Standard Error
β_{0ij}	-0.083	0.016
β_{1ij}	0.069	0.010
β_{2ij}	-0.009	0.002

Random part

Abweichung Level 2 (Kanton)		
u_{0j}	0.006	0.002
u_{1j}	0.002	0.001
u_{2j}	0.000	0.000
Abweichung Level 1 (Zeit)		
e_{0ij}	0.028	0.000
Loglikelihood	-10362.390	

Die Verlaufslinien für die Kantone werden in Abbildung 41 wiedergegeben. Auf der x-Achse finden sich die Zeitpunkte, auf der y-Achse die Steigung, wobei der Nullpunkt das Mittel über die ganze Schweiz angibt. Bei der Betrachtung der einzelnen Kantone, können diese grob in drei verschiedene Entwicklungstypen unterteilt werden: Erstens gibt es einige wenige Kantone, deren Quotient erst ansteigt, um später wieder abzunehmen, zweitens ist bei der Mehrheit der Kantone die Steigung der Verlaufslinie positiv, tendiert aber gegen die Gegenwart gegen Null. Drittens gibt es vereinzelte Kantone, deren Verlaufsliniensteigung stetig zunimmt, deren Quotienten sich von Jahrzehnt zu Jahrzehnt vergrössert. Wie auch beim linearen Modell in Abbildung 39 gleicht sich der Wert des Quotienten der verschiedenen Kantone über die Zeit an.

Abbildung 41 Die Auswirkung der Zeit auf die Erreichbarkeits-/Bevölkerungsquotienten (relative Werte, nichtlinear)



11.4.2 Erreichbarkeit verschiedener Jahrzehnte als erklärende Variablen

Eine weitere Möglichkeit, den Faktor Zeit in die hierarchischen Modelle einfließen zu lassen sind Modelle, welche den Beitrag der Entwicklung der Raumstruktur der verschiedenen Jahrzehnte als unabhängige Variablen innehaben. Die unabhängige Variable ist, analog zu den globalen Modellen (z. B. in Tabelle 17), die Bevölkerungsentwicklung über den ganzen Untersuchungszeitraum. In einem ersten Modell wird der Einfluss der Erreichbarkeitsentwicklung ÖV (relativ) von drei Dekaden zwischen 1950 und dem Jahr 2000 auf die Bevölkerungsentwicklung (relativ) über den gesamten Untersuchungszeitraum geschätzt (siehe Tabelle 25). Wegen der höheren Komplexität des Modells sind nur noch drei unabhängige Variablen einbezogen. Wiederum sind die Daten für die abhängige Variable „zentriert“, stehen also relativ zum mittleren Wachstum über die ganze Schweiz, externe Effekte sind somit eliminiert.

Analog zum globalen Modell in Tabelle 20 nehmen die Werte der Koeffizienten der erklären-

den Variablen zuerst zu, um danach gegen die Gegenwart hin, langsam abzufallen. Allerdings zeigt dieses Modell mit den zentrierten Daten diesen Verlauf deutlicher. Wie im globalen Modell nimmt die Signifikanz, wenngleich auch immer noch auf einem hohen Niveau, über die Zeit ab. Bei der Analyse des *Random Part* (Abweichung Level 2 (Kanton)) fällt auf, dass sich die verschiedenen Kantone zwar voneinander unterscheiden, sich die Signifikanz aber stark abschwächt und in der Gegenwart nur noch sehr schwach ist.

Tabelle 25 Auswirkungen der Erreichbarkeit ÖV verschiedener Jahrzehnte auf die Bevölkerungsentwicklung (divergierende Steigungen und Konstanten)

$$\Delta bev5000 = \beta_{0ij} cons + \beta_{1ij} \Delta EÖV_{5060ij} + \beta_{2j} \Delta EÖV_{7080ij} + \beta_{3j} \Delta EÖV_{9000ij}$$

Fixed part

Predictor	Koeffizient	Standard Error
β_{0ij}	-354.014	58.966
β_{1ij}	1.493	0.270
β_{2ij}	2.213	0.350
β_{3ij}	1.128	0.197

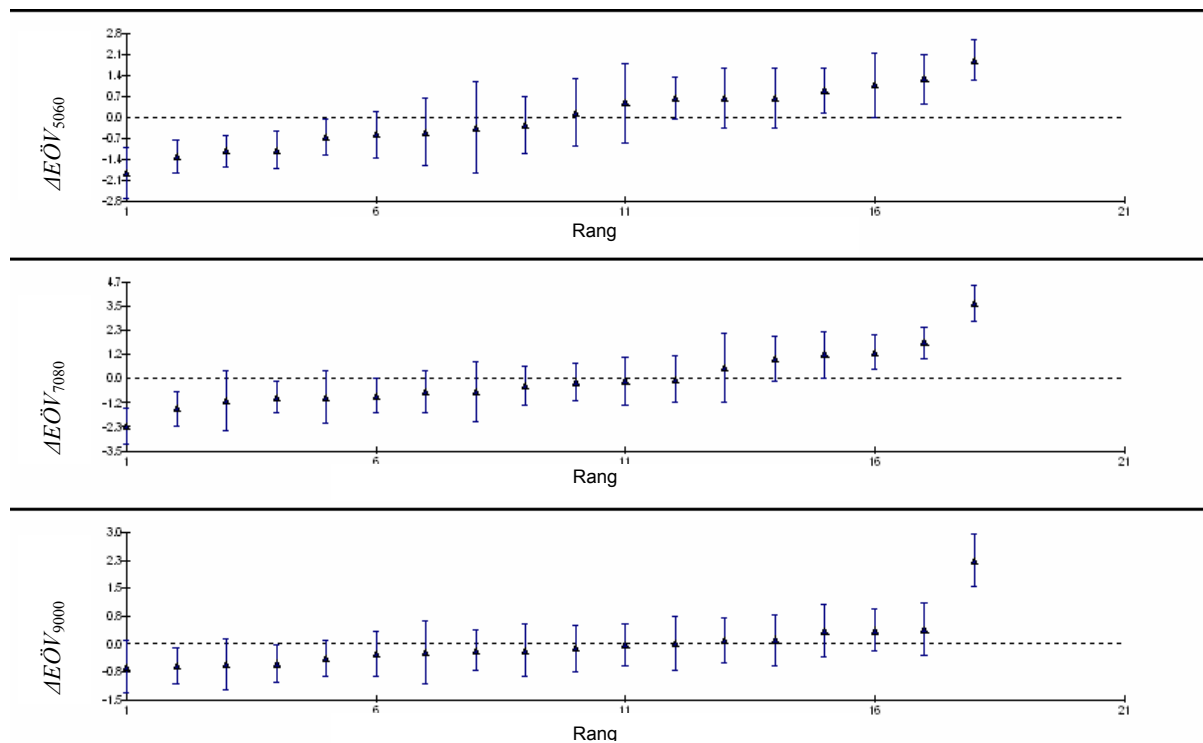
Random part

Abweichung Level 2 (Kanton)		
u_{0j}	54564.000	20318.030
u_{0j}	1.094	0.430
u_{0j}	1.944	0.731
u_{0j}	0.479	0.233
Abweichung Level 1 (Gemeinde)		
e_{0ij}	7226.754	192.508
Loglikelihood	33969.740	

Abbildung 42 unterstützt die Modellschätzung in Tabelle 25 graphisch, sie gibt die Abweichung der Koeffizienten von den gesamtschweizerischen Mittelwerten an. Abweichungen sind bei Koeffizienten aller unabhängigen Variablen vorhanden, doch findet, wie ja auch weiter oben schon gezeigt, gegen die Gegenwart hin eine Angleichung zwischen den Kantonen statt. Während sich in der Dekade 1950 bis 1960 noch je vier Kantone signifikant unter, respektive über dem gesamtschweizerischen Mittelwert befinden, sind es in der Dekade zwi-

schen 1990 und dem Jahr 2000 nur noch gesamthaft vier Kantone, welcher signifikant vom Mittelwert abweichen.

Abbildung 42 Auswirkungen der Erreichbarkeit ÖV verschiedener Jahrzehnte auf die Bevölkerungsentwicklung (divergierende Steigungen und Konstanten)



Dieselben Modelle werden nun für den Einfluss der Erreichbarkeitsentwicklung IV (relativ) auf die Bevölkerungsentwicklung (relativ) geschätzt (Tabelle 26). Im Gegensatz zum ÖV Modell steigen die Werte der Koeffizienten nicht an, sondern sinken praktisch kontinuierlich. Die Koeffizienten sind signifikant, wobei die Signifikanz stetig sinkt.

Bei der Analyse des *Random Part* (Abweichung Ebene 2 (Kanton)) fällt auf, dass sich die verschiedenen Kantone zwar voneinander unterscheiden, sich die Signifikanz aber stark abschwächt und in der Gegenwart nur noch schwach vorhanden ist.

Tabelle 26 Auswirkungen der Erreichbarkeit IV verschiedener Jahrzehnte auf die Bevölkerungsentwicklung (divergierende Steigungen und Konstanten)

$$\Delta bev5000 = \beta_{0ij} cons + \beta_{1j} \Delta EIV_{5060ij} + \beta_{2j} \Delta EIV_{7080ij} + \beta_{3j} \Delta EIV_{9000ij}$$

Fixed part

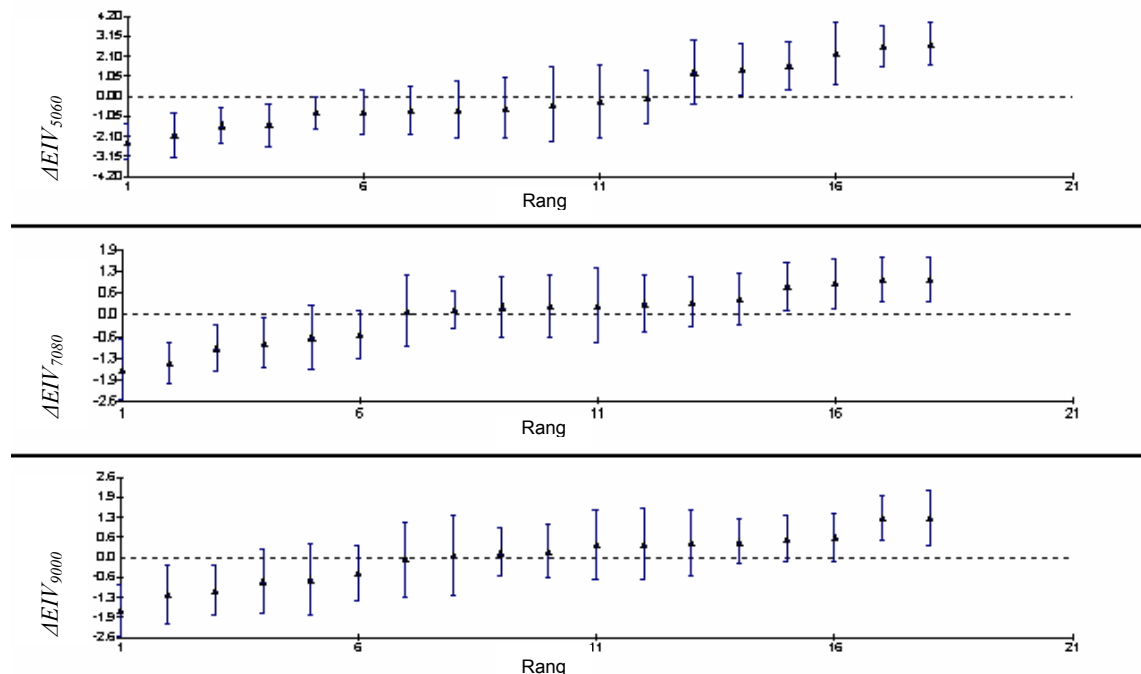
Predictor	Koeffizient	Standard Error
β_{0ij}	-440.507	37.799
β_{1ij}	2.787	0.377
β_{2ij}	1.430	0.238
β_{3ij}	0.938	0.302

Random part

Abweichung Level 2 (Kanton)		
u_{0j}	0.000	0.000
u_{1j}	1.721	0.115
u_{2j}	0.574	0.155
u_{3j}	0.547	0.133
Abweichung Level 1 (Gemeinde)		
e_{0ij}	10738.100	193.476
Loglikelihood	35096.580	

Abbildung 43 unterstützt die Modellschätzung in Tabelle 26 graphisch, sie gibt analog zum ÖV Modell die Abweichung der Koeffizienten von den gesamtschweizerischen Mittelwerten an. Statistisch signifikante Abweichungen sind bei Koeffizienten aller unabhängigen Variablen vorhanden, doch findet, wie ja auch beim ÖV Modell gezeigt, gegen die Gegenwart hin eine Angleichung statt. Während sich in der Dekade 1950 bis 1960 noch je fünf Kantone signifikant unter, respektive über dem Mittelwert befinden, sind es in der Dekade zwischen 1990 und dem Jahr 2000 nur noch drei Kantone unter und zwei Kantone über diesem.

Abbildung 43 Auswirkungen der Erreichbarkeit IV verschiedener Jahrzehnte auf die Bevölkerungsentwicklung (divergierende Steigungen, fixe Konstanten)



Werden die ÖV und IV Modelle miteinander verglichen, so zeigt sich eine konstant höhere Signifikanz der ÖV Modelle. Die Werte der Koeffizienten sind mit jenen der globalen Modelle vergleichbar. Die Resultate dieser Art von Mehrebenenmodellen stimmen gut mit den Resultaten der globalen Modellschätzungen in Kapitel 10 überein und erscheinen auch im Vergleich mit den Wachstumsmodellen plausibel.

11.4.3 Dreiebenenmodelle

Das in diesem Kapitel beschriebene Mehrebenenmodell ist vom Aufbau her anders als die vorangegangenen aufgebaut. Jetzt sind drei Hierarchiestufen in das Mehrebenenmodell eingegliedert. Dabei repräsentiert die erste Ebene wiederum die Gemeinden welche in die verschiedenen Kantone (zweite Ebene) und weiter, auf der dritten Ebene, in die einbezogenen Dekaden eingebettet sind; die dritte Ebene steht also für eine zeitliche Gliederung der Grundgesamtheit an Beobachtungen. Die Daten jeder einzelnen Gemeinde werden also neben der räumlichen Einteilung in die verschiedenen Kantone, zusätzlich zeitlich, nach Jahrzehnten hierarchisch unterteilt. Die abhängige Variable in diesem Modell ist die relative Bevölkerungsentwicklung, unabhängige Variablen sind die in den vorangegangenen Modellen bereits

eingesetzten Variablen der totalen Erreichbarkeit für den ÖV und IV. Bei allen ins Modell einbezogenen Gemeinden des Untersuchungsraumes Schweiz wurde daher je fünfmal (für jedes Jahrzehnt) die Erreichbarkeitsentwicklung der Bevölkerungsentwicklung gegenübergestellt. Auf diese Weise zeigt dieses Modell inwieweit die Zusammenhänge der Variablen der verschiedenen Jahrzehnte voneinander abweichen und ob diese Abweichungen signifikant sind. In diesem Modell werden die bereits wie in (19) zentrierten Daten mittels der unten angegebenen Formel noch einmal standardisiert (Wooldridge, 2003).

$$x_{st} = \frac{x_i - x_m}{\sigma} \quad (19)$$

x_{st} standardisierte Variable

x_i Ausprägung i der Variable x

x_m Mittelwerte der Variable x

σ Standardabweichung

Diese Vorgehensweise ermöglicht, skalenbedingte Einflüsse auszuschalten und damit komplexere Modelle mit mehreren Hierarchien und einer grösseren Anzahl von erklärenden Variablen zu schätzen.

Tabelle 27 Auswirkungen der Erreichbarkeit total von ÖV und IV auf die Bevölkerungsentwicklung im Dreiebenenmodell (divergierende Steigungen und Konstanten)

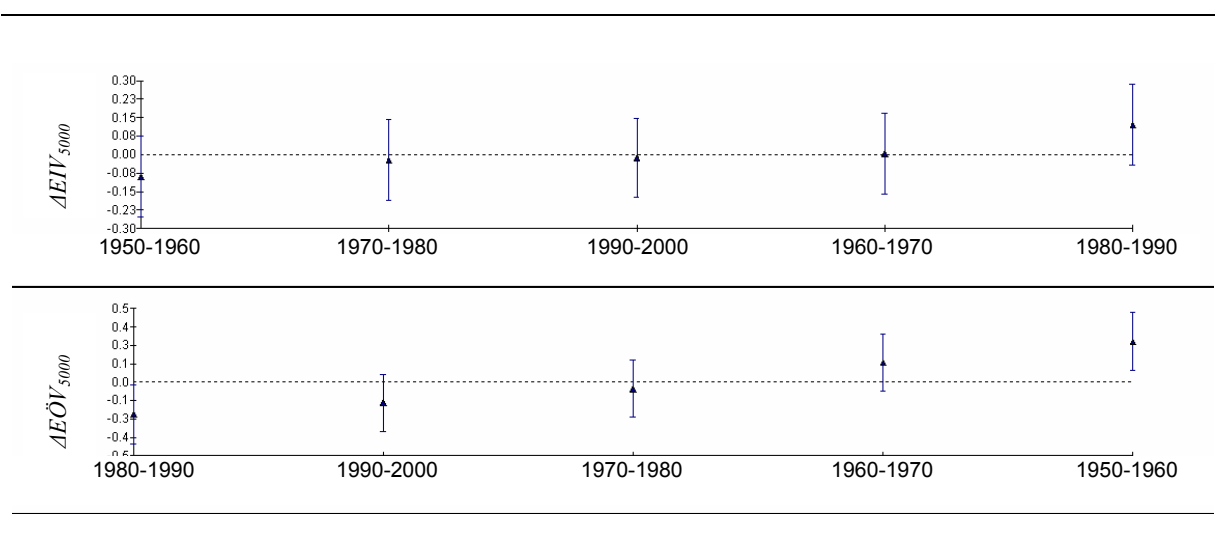
$$\Delta BEV = \beta_{0ijk} cons + \beta_{1ijk} \Delta EIV_{ijk} + \beta_{2ijk} \Delta EÖV_{ijk}$$

Fixed part		
Predictor	Koeffizient	Standard Error
β_{0ijk}	0.094	0.024
β_{1ijk}	0.549	0.070
β_{2ijk}	0.497	0.089
Random part		
Abweichung (Varianz) erste Ebene (Jahrzehnt)		
v_{0k}	0.000	0.000
v_{1k}	0.011	0.016
v_{2k}	0.036	0.025
Abweichung (Varianz) zweite Ebene (Kanton)		
u_{0jk}	0.043	0.008
u_{1jk}	0.159	0.036
u_{2jk}	0.039	0.011
Abweichung (Varianz) dritte Ebene (Gemeinde)		
e_{0ijk}	0.568	0.009
e_{1ijk}	0.525	0.042
e_{2ijk}	0.172	0.016
Loglikelihood	36582.98	

Der *Fixed Part* des Modells (Tabelle 27) zeigt, kaum überraschend, dass der Koeffizient β_{1ij} positiv und signifikant ist. Die IV Erreichbarkeitsentwicklung beeinflusst die Bevölkerungsentwicklung positiv, was ja bereits mehrfach gezeigt werden konnte. Auch der Koeffizient β_{2ij} ist positiv und signifikant. Die ÖV Erreichbarkeitsentwicklung beeinflusst die Bevölkerungsentwicklung positiv und signifikant, sie ist nur marginal weniger stark als die IV Erreichbarkeitsentwicklung. Auch der Koeffizient für die Konstante β_{0ij} ist positiv, aber nicht signifikant. Beim *Random Part* ist die Varianz der Konstanten auf dem Niveau der ersten Ebene gut viermal so gross wie für Ebenen 2 und 3. Signifikant ist sie allerdings nur für die erste und zweite

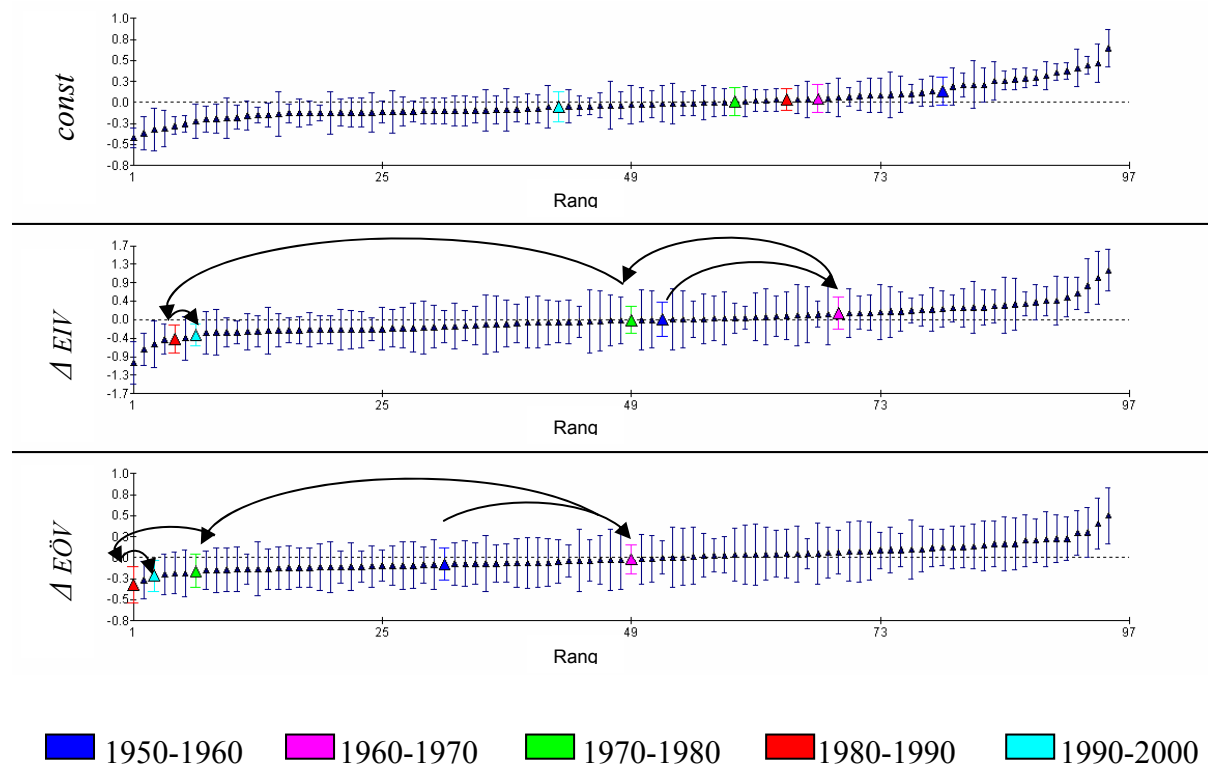
Ebene. Aufgrund des tiefen Wertes für β_{1ij} können zu den Varianzen der Steigungen keine Aussagen gemacht werden. Abbildung 44 liefert die graphische Darstellung für die Abweichungen auf der dritten Ebene über die Zeit. Die Konstante (in der Abbildung nicht angegeben) liegt im Zeitraum 1950-1960 unterhalb des Durchschnitts und nimmt dann in jedem Jahrzehnt gegen die Gegenwart hin zu bis sie knapp signifikant über dem Mittel liegt. Die Entwicklung der Abweichung der Steigungen dagegen ist genau umgekehrt. Im Vergleich mit den anderen hierarchischen Modellen kann auch hier eine Abnahme des Koeffizientenwertes festgestellt werden: Dieser liegt zu Beginn für die Variable Erreichbarkeit ÖV knapp signifikant höher als der gesamtschweizerische Mittelwert, um dann kontinuierlich gegen die Gegenwart hin abzusinken (für die Variable IV Erreichbarkeit ist allerdings kein eindeutiger Trend auszumachen).

Abbildung 44 Auswirkungen der Erreichbarkeit total auf die Bevölkerungsentwicklung im Dreiebenenmodell – Abweichungen auf der Ebene 3



Für das Modell zur Erklärung der Bevölkerungsentwicklung kann eine konstante Abnahme des Wirkungszusammenhangs über die Zeit zur Gegenwart hin konstatiert werden. Etwas anders verhält es sich übrigens bei einem (hier nicht gezeigten) Modell, welches die Entwicklung der Arbeitsplätze des 3. Sektors erklären soll. Hier zeigt sich, dass die Arbeitsplatzentwicklung dieses Sektors in den Jahrzehnten der Hochkonjunktur zwischen 1960 und 1980 der Erreichbarkeitsentwicklung gefolgt sind, also in jener Zeitspanne, in der die Transformation von Arbeitsplätzen von der Industrie hin zu den Dienstleistungsbranchen besonders stark war (vgl. z. B. Rieder und Anwander, 1994). Vor und nachher ist die Entwicklung deutlich weniger stark von der Erreichbarkeit abhängig.

Abbildung 45 Residuen Kanton Zürich (Ebene 2)

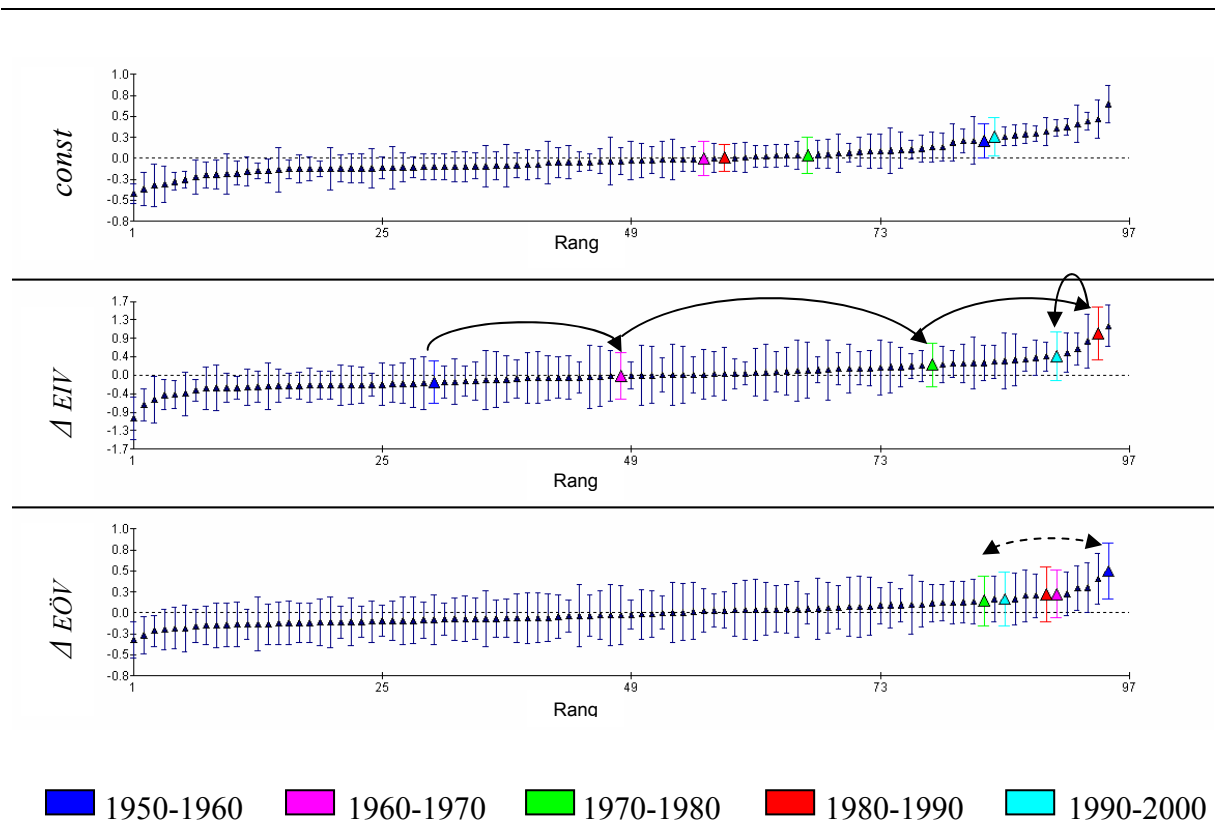


Während Abbildung 44 die Abweichungen auf dem dritten Level dargestellt hat, zeigt Abbildung 45 die Abweichungen der Kantone auf dem zweiten Level. Im Gegensatz zu den ersten Zweiebenenmodellen erscheint hier jeder Kanton 5 mal auf jeder Achse, je einmal für jedes einbezogene Jahrzehnt. Auf diese Weise kann die Position eines Kantons im Kontext des Gesamtmodells dargestellt werden. Die Pfeile illustrieren dabei den Verlauf der Position des beobachteten Kantons über die Jahrzehnte. Interessant wird nun sein, die Verlaufslinien verschiedener Kantone einzutragen und zu verfolgen. Die eingefärbten Dreiecke geben den beobachteten Kanton für das entsprechende Jahrzehnt an. Die Bandbreiten zeigen wiederum den Konfidenzbereich auf dem 95 % Niveau an. Untersucht wird je ein zentrumsnaher, urbaner, sowie ein ruraler und alpin gelegener Kanton. Die Analyse wird hernach mit verschiedenen ARE Gemeindetypen komplettiert.

Für die Variablen $\ddot{O}V$, wie IV startet der urbane Kanton Zürich (Abbildung 45) einmal im vorderen, einmal im hinteren Mittelfeld und liegt sodann für beide Variablen zehn Jahre später weiter vorne. Die Wirkungszusammenhänge nehmen über diese ersten 10 Jahre zu (allerdings unterscheiden sich die Variablen nicht signifikant vom nationalen Mittelwert), um dann gegen die Gegenwart hin stetig abzunehmen und sich auf einem Niveau, welches signifikant

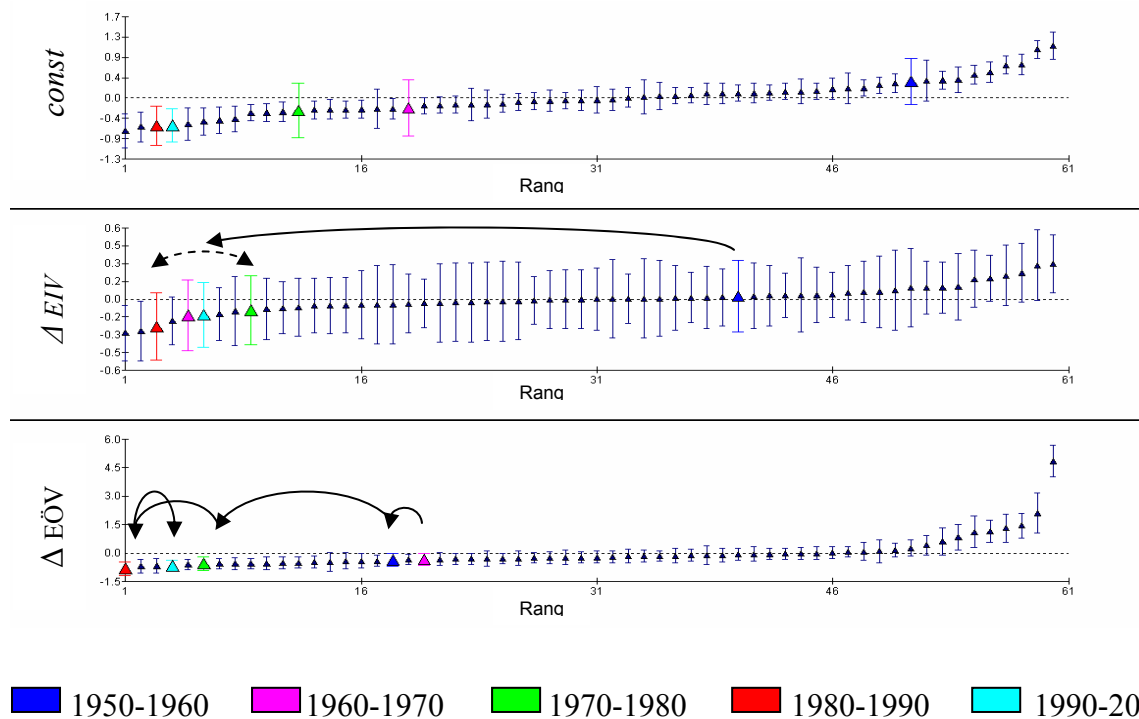
tiefer als das schweizerische Mittel liegt, einzupendeln. Die Ausdehnung der Verlaufslinie für den IV ist dabei deutlich ausgeprägter als es diejenige für die ÖV Variable ist.

Abbildung 46 Residuen Kanton Graubünden (Ebene 2)



Geradezu konträr verhält sich der rurale und alpine Kanton Graubünden (Abbildung 46). Der Wirkungszusammenhang zwischen der IV Erreichbarkeitsentwicklung und der Bevölkerungsentwicklung ist im schweizweiten Vergleich in den 1950er Jahren im unteren Mittelfeld und ist nicht signifikant verschieden von der Gesamtschätzung. In den Folgedekaden nimmt er aber von Jahrzehnt zu Jahrzehnt zu und pendelt sich, signifikant oberhalb der globalen Schätzung ein. Die ÖV Erreichbarkeitsentwicklung hat in diesem Kanton von Beginn der Untersuchungsperiode weg einen signifikant höheren Beitrag an der Bevölkerungsentwicklung als das Modell über die gesamte Schweiz. In den nachfolgenden Jahrzehnten wechselt der Koeffizient die Positionen auf einem konstant hohen Niveau, wobei ein Trend nicht auszumachen ist.

Abbildung 47 Residuen Urbane Gemeinden (Ebene 2)



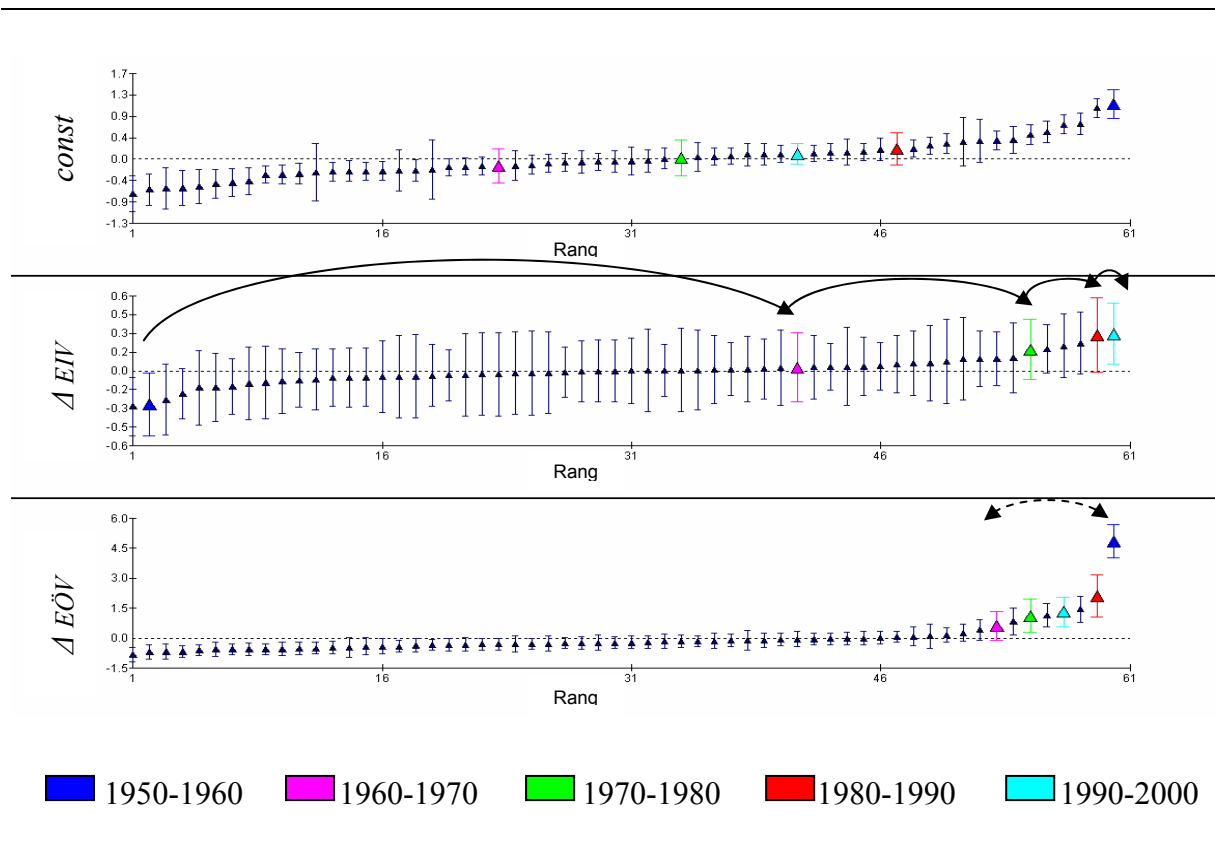
Dasselbe Dreiebenenmodell wird nun mittels einer schematischen Gemeindecinteilung (es wird wieder auf die ARE Typisierung (siehe Kapitel 7.7) zurückgegriffen) geschätzt. Urbane Regionen werden anhand der ARE Gemeindetypen 1 bis 4, rurale Regionen mit den Gemeindetypen 11 – 13 operationalisiert.

Beim Vergleich der Verlaufslinien sind ähnliche Muster wie bei den Kantonen feststellbar. Bei der Betrachtung der Residuen für urbane Regionen (Abbildung 47) fällt auf, dass der Koeffizient für die IV Erreichbarkeitsentwicklung sich in den 1950er Jahren wiederum im oberen Mittelfeld befindet. Er fällt dann 10 Jahr später stark ab, um sich in der Folge auf einem tiefen Niveau einzupendeln. Auch der Einfluss der ÖV Erreichbarkeitentwicklung auf die Bevölkerungsentwicklung nimmt, wie auch beim Kanton Zürich gesehen, kontinuierlich ab und ist bereits ab den 1970er Jahren signifikant tiefer als im schweizweit geschätzten Dreiebenenmodell.

Im Vergleich dazu verhalten sich die ruralen und alpinen Regionen (Abbildung 48) wiederum konträr. Der Wirkungszusammenhang zwischen der IV Erreichbarkeitsentwicklung und der Entwicklung der Bevölkerung ist im schweizweiten Vergleich in den 1950er Jahren signifikant tiefer als in der Gesamtschätzung. In den Folgedekaden nimmt er aber von Jahrzehnt zu

Jahrzehnt zu und befindet sich, ab 1980 signifikant über der globalen Schätzung. Die ÖV Erreichbarkeitsentwicklung hat wiederum von Beginn weg einen signifikant höheren Beitrag an der Bevölkerungsentwicklung als das Modell über die gesamte Schweiz. In den nachfolgenden Jahrzehnten wechselt der Koeffizient die Positionen auf einem sich konstant signifikant über dem globalen Modell befindenden Niveau, wobei ein Trend nicht auszumachen ist.

Abbildung 48 Residuen Rurale Gemeinden (Level 2)



11.5 Interpretation

In diesem Kapitel wurden die globalen Regressionsmodelle mittels verschiedener Herangehensweisen um räumliche und zeitliche Komponenten erweitert. Die Aussagekraft der hierarchischen Modelle wächst dabei gegenüber herkömmlichen OLS Modellen deutlich. Es ist nun nicht nur möglich, geographisch unterschiedliche Wirkungszusammenhänge darzustellen, sondern es können dank den 3 Ebenenmodellen die Stärken dieser Wirkungszusammenhänge für jeden Kanton (für jeden Gemeindetyp) über die Dekaden nachgezeichnet werden. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die bereits in Kapitel 10 festgestellten positiv signifikanten Wirkungszusammenhänge

zwischen dem Ausbau der Verkehrsinfrastruktur und der räumlichen Entwicklung wird bestätigt.

- Ebenfalls wird eine Abschwächung der Wirkungszusammenhänge gegen die Gegenwart hin festgestellt. Räumliche Entwicklung ist also im Jahr 2000 weniger von der Verkehrsinfrastruktur abhängig als 1950
- Somit werden die in Kapitel 10 gemachten Feststellungen zwar bestätigt, sie müssen aber gleichzeitig aufgrund der Analyse der räumlichen Regressionen relativiert werden. Bei der räumlich differenzierten Analyse zeigt sich, dass insbesondere die Abschwächung der Wirkungszusammenhänge über den Untersuchungszeitraum für urbane Regionen innerhalb und zwischen den Metropolitanräumen des Mittellandes verstärkt in Erscheinung tritt. RURALE und alpine Regionen dagegen sind nach wie vor stark auf den Ausbau von Verkehrsinfrastrukturen angewiesen, falls Arbeitsplätze und Bevölkerung erhalten oder gar Wachstumsraten in ähnlichem Umfang wie im Mittelland generiert werden sollen.

12 Resultate mit Einbezug von Nachbarschaftseffekten

Nachdem festgestellt werden konnte, dass punkto Wirkungszusammenhängen räumliche und zeitliche Variationen vorhanden sind, welche sich als signifikant erwiesen haben, rückt in diesem Kapitel der Einfluss der Nachbarorte auf die Entwicklung einer Gemeinde in das Zentrum des Interesses.

Der expliziten räumlichen Relevanz der Modelle wurden schon die hierarchischen Modelle (siehe Kapitel 11) gerecht. Ergänzend dazu werden die Modelle nun aber um eine *Spatial Error* (SEM) Komponente erweitert. SEM Modelle messen allfällige Nachbarschaftseffekte räumlicher Regression. Die Hypothese dabei geht davon aus, dass sich die Nachbarn (hier: die Nachbargemeinden) in ihrer Entwicklung gegenseitig beeinflussen, dass z. B. regionale Zentren generell und Gemeinden mit einem starken Entwicklungsschub im besonderen (beispielsweise durch grosse Baulandkonzentrationen oder durch den Zuzug von Gewerbe) auf die Entwicklung der umliegenden Gemeinden Einfluss nehmen. Die Idee der Methode dieser Art der räumlichen Analyse ist das Erweitern der Korrelationen, indem die Parameter durch die Residuen oder den unabhängigen (*lagged*) Variablen von anderen Beobachtungen aus der Nachbarschaft erweitert werden (siehe auch Hackney et al., 2006). Das herkömmliche OLS Modell (siehe Kapitel 10) kann so um räumliche Korrelationen korrigiert werden, indem die Modelldaten um Informationen (z.B. Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklungen) aus benachbarten Gemeinden ergänzt werden.

Im Fokus steht hierbei insbesondere die Frage, ob sich der Einfluss der Einzugsgebiete eines Ortes durch die veränderte Erreichbarkeit über die Zeit verändert hat.

12.1 Theoretischer Hintergrund

Im SEM Model korrigiert der Parameter λ räumlich korrelierte Fehler in Analogie zu korrelierten Fehlern in Zeitreihenmodellen:

$$\begin{aligned} y &= \beta X + u \\ u &= \lambda W_e u + \varepsilon, \quad \varepsilon \sim N(0, \sigma) \end{aligned} \tag{20}$$

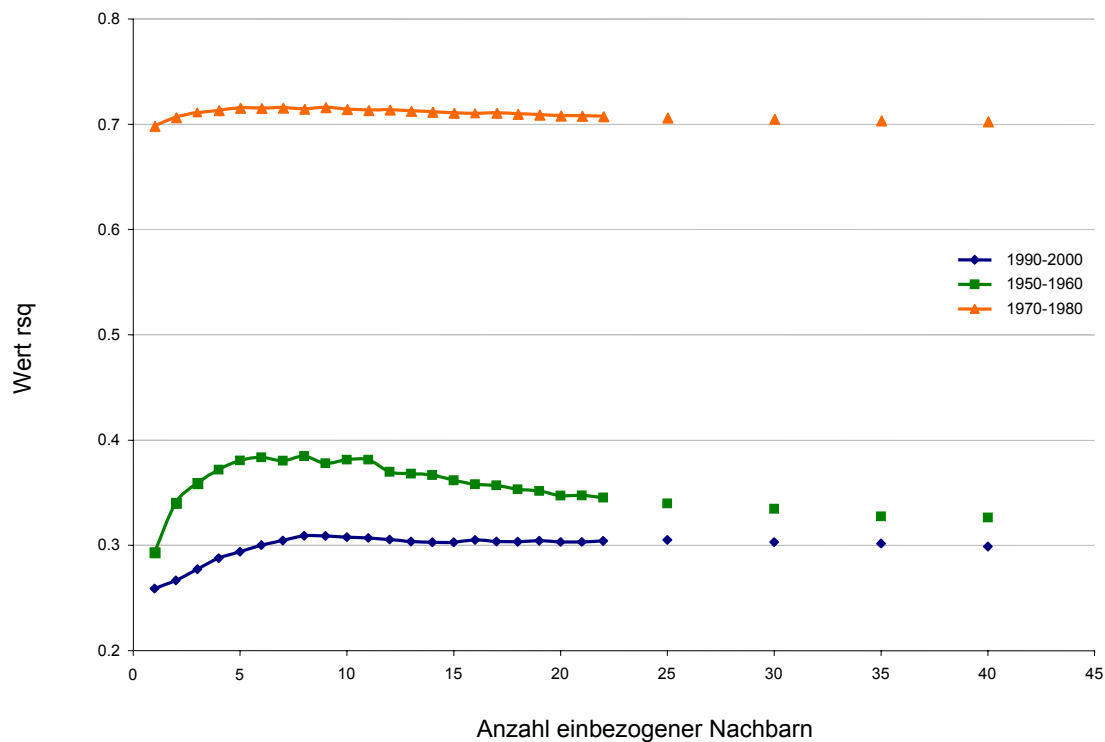
Das global geschätzte OLS Modell wird so für räumliche Autokorrelationen korrigiert, wenn Nachbarschaftsinformationen in die Modellschätzung einfließen. Hier wird die Terminologie von LeSage, 2004, verwendet. Die Modelle wurden anhand einer MATLAB Prozedur gemäss LeSage, 2005, geschätzt (Hackney et al., 2006).

Dabei wird hier für die Modellierung von der vereinfachenden Annahme ausgegangen, dass die Nachbarn zwischen Gemeindeschwerpunkt zu Gemeindeschwerpunkt in euklidischer Distanz zueinander stehen.

12.2 Der Einfluss der Nachbarschaftseffekte

Das SEM Modell schätzt wiederum den Einfluss der Variablen Erreichbarkeits- und Arbeitsplatzentwicklung auf die Bevölkerungsveränderung, jetzt mit Einbezug der Nachbargemeinden (siehe Tabelle 28 für den konkreten Modellaufbau). Vorab interessieren die Nachbarschaftseffekte: Die Abbildungen 49 und 50 zeigen die Güte der Modelle, R^2 , und Log-Likelihood, für drei verschiedene Zeitperioden, immer in Abhängigkeit zu den einbezogenen Nachbarn. Die Modelle entsprechen den global geschätzten OLS Modellen, analog zu Kapitel 11.

Für den Log-Likelihood variieren die Werte je nach Anzahl Nachbarn stark. Ein Maximum ist in allen Jahrzehnten zwischen 7 und 10 Nachbarn zu finden. Auch die R^2 unterscheiden sich je nach Anzahl einbezogener Nachbarn, allerdings deutlich weniger stark. Über alle Zeitperioden gesehen, sind die besten Modelle auch hier bei Einbezug von 7 bis 10 Nachbarn zu finden. Es zeigt sich dabei, dass die Anzahl der in die Modellschätzung einbezogenen Nachbarn für die Modellgüte gegen die Gegenwart hin an Bedeutung verlieren, die Kurven verlaufen deutlich flacher.

Abbildung 49 SEM Modellschätzungen: R^2 in Abhängigkeit der Nachbarn

Wie bereits in den herkömmlichen, global geschätzten OLS Modellen und den hierarchischen Modellen ist ein bestimmter Verlauf über die Zeit deutlich erkennbar. Der Erklärungsgehalt der Modelle (Log-Likelihood und R^2) ist zu beginn auch in diesen Modellen tief, steigt dann aber während der 70er Jahre stark an, um gegen das Jahr 2000 wieder abzusinken.

Abbildung 50 SEM Modellschätzungen: Log Likelihood in Abhängigkeit der Nachbarn

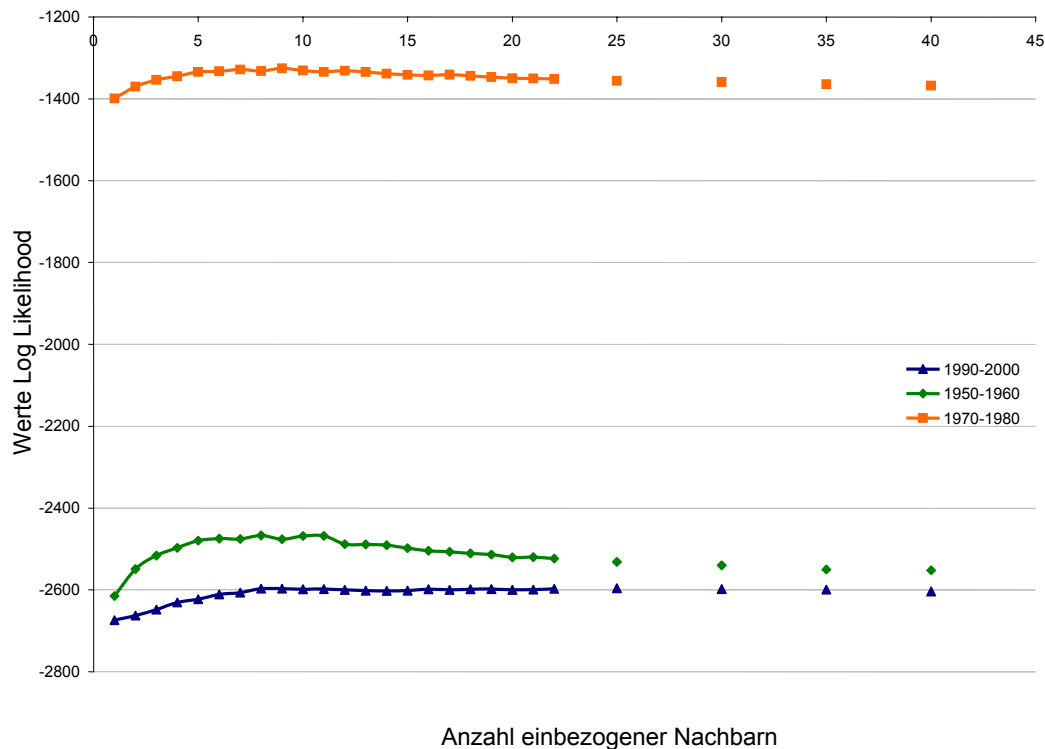


Tabelle 28 vergleicht eine global geschätzte OLS Regression (ohne räumliche Komponente) mit dem SEM Modell mit dem Einbezug von jeweils 8 Nachbarn, da diese ja wie oben gesehen über alle Modelle die jeweils höchste Güte der Modelle erreichen. Wiederum wird die Bevölkerungsentwicklung anhand der Entwicklung der Arbeitsplätze des 2. und 3. Sektors (*Db2*, *Db3*), sowie der totalen Erreichbarkeit für den ÖV und den IV (*Deotot*, *Deitot*) für drei Zeitabschnitte berechnet.

Die geschätzten Parameter zeigen ähnliche Werte wie bei den Modellschätzungen der gewöhnlichen OLS Modelle: Wiederum sind es die Variablen der Erreichbarkeit, welche den grössten Erklärungsgehalt erreichen. Wiederum nimmt die Güte der Modelle zuerst zu, um gegen die Gegenwart hin wieder abzusinken.

Für die OLS Regression, wie auch für die SEM Modell sind jeweils dieselben Variablen signifikant und auch die Vorzeichen bleiben konstant. Trotzdem gibt es einige Unterschiede, was die Parameter anbelangt. Es fällt auf, dass der Parameter für die Variable ÖV beim SEM Modell konstant über alle Jahrzehnte tiefer liegt als bei der OLS Regression.

Tabelle 28 SEM Modellschätzungen über verschiedene Zeitperioden

Jahr	Variable	OLS Modell			SEM (8 Nachbarn)		
		Parameter	Sig.	R ²	Parameter	z. prob.	R ²
1950-1960				0.261			0.3834
	<i>Const</i>	0.000	0.994		0.19	0.563	
	<i>Db256</i>	-0.4	0.019		-0.025	0.105	
	<i>Db356</i>	0.127	0.000		0.089	0.000	
	<i>Deitot56</i>	0.27	0.000		0.246	0.000	
	<i>Deotot56</i>	0.348	0.000		0.267	0.000	
	<i>lambda</i>				0.555	0.000	
1970-1980				0.675			0.715
	<i>Const</i>	0.000	0.991		0.001	0.966	
	<i>Db278</i>	0.024	0.024		0.013	0.172	
	<i>Db378</i>	0.084	0.000		0.068	0.000	
	<i>Deitot78</i>	0.065	0.000		0.082	0.000	
	<i>Deotot78</i>	0.779	0.000		0.777	0.000	
	<i>lambda</i>				0.464	0.000	
1990-2000				0.238			0.309
	<i>Const</i>	0.000	0.979		-0.007	0.788	
	<i>Db290</i>	0.019	0.241		0.014	0.364	
	<i>Db390</i>	0.027	0.108		0.011	0.492	
	<i>Deitot90</i>	0.141	0.000		0.150	0.000	
	<i>Deotot90</i>	0.439	0.000		0.430	0.000	
	<i>lambda</i>				0.412	0.000	

Es zeigt sich aber, dass die Werte des adjustierten R², wie auch die Log Likelihood der räumlichen Modelle deutlich höher sind als bei den herkömmlichen OLS Modellen ohne Einbezug

von Nachbarschaftseffekten. Die räumlichen Koeffizienten λ von jedem dieser Modelle sind signifikant und induzieren daher, dass die SEM Modelle eine Verbesserung zu den herkömmlichen globalen OLS Modellen darstellen.

12.3 Interpretation

Dass die Güte der Modelle in den 1950er Jahren viel stärker von der Anzahl der einbezogenen Nachbarn abhängig ist als in späteren Jahrzehnten, kann folgendermassen interpretiert werden: Wegen der weniger guten Erreichbarkeit haben sich die Interaktionen auf wenige grosse Räume beschränkt. Das ganze räumliche System war viel kleinräumiger und die Prosperität eines Ortes daher viel stärker von der regionalen Entwicklung abhängig.

Der Vergleich zwischen den herkömmlichen OLS Modellen aus dem globalen Modell und den SEM Modellschätzungen zeigt deutlich, dass mit dem Einbezug von Nachbarn in die Schätzung die Modellgüte noch einmal gesteigert werden konnte.

13 Konklusion

Diese Arbeit hatte zum Ziel, im Rahmen einer ex-post Analyse die raumstrukturellen Entwicklungen und die mit dem Ausbau der Verkehrsinfrastruktur in Zusammenhang stehenden Erreichbarkeitsveränderungen für die ganze Schweiz quantitativ zu analysieren, sowie, deren Wirkungszusammenhänge zu schätzen. Der Untersuchungszeithorizont erstreckte sich von 1950 bis zum Jahr 2000. Eine ganze Reihe möglicher direkter und indirekter Auswirkungen kommen bei diesen Wechselwirkungen in Betracht. Frey, 1979, nennt dazu in erster Linie Versorgungs- und Wohnorteffekte, aber auch Kapazitäts- und Standorteffekte, Integrations-, Nivellierungs- bzw. Differenzierungs- und Entleerungseffekte, sowie Siedlungsstruktureffekte. Die raumstrukturellen Effekte wurden in dieser Arbeit konkret mittels der Bevölkerungsveränderung, sowie mit der Veränderung von Beschäftigten und Arbeitsplätzen, diese nach Sektoren unterteilt, beschrieben. Die Infrastruktur des öffentlichen- und des Individualverkehrs wurde mittels des Potentialansatzes operationalisiert. Der Untersuchungsperimeter beschränkt sich auf die Fläche der Schweiz, sowie, um die grenzüberschreitenden Agglomerationen einzubeziehen, auf das umliegende Ausland. Die räumliche Auflösung liegt auf der Gemeindeebene.

Ein Hauptaugenmerk lag sowohl im deskriptiven, wie auch im analytischen Teil der Arbeit in erster Linie auf der räumlichen und zeitlichen Variation der untersuchten Entwicklungen.

Es wurde insbesondere versucht, folgende Fragen zu beantworten:

- Wie hat sich die Raumstruktur in den letzten 50 Jahren entwickelt?
- Welche Rolle spielte der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur für die raumstrukturelle Entwicklung?

Dieses Kapitel stellt nun eine Synthese zu den Erkenntnissen zu Raumstruktur und Erreichbarkeit, immer im Hinblick auf die Fragestellung, her. Die in dieser Arbeit gewonnenen Resultate werden auf analytischer und methodischer Ebene kommentiert und Empfehlungen auch für weitere Arbeiten in diesem Forschungsfeld präsentiert.

13.1 Analytische Schlussfolgerungen

Die analytische Schlussfolgerung erfolgt analog zum Aufbau der Arbeit. Sie teilt sich in die

drei Teile Raumstruktur, Erreichbarkeit sowie deren mögliche Wirkungszusammenhänge auf.

13.1.1 Entwicklungen in der Raumstruktur

Die räumlichen Strukturen wurden aufgrund der mit der Fragestellung in Zusammenhang stehenden Literaturanalyse durch die Bevölkerung, die Arbeitsplätze, sowie die Arbeitskräfte ausgedrückt. Diese Variablen haben sich für die Regionalpolitik und –forschung sowie für die in der vorliegenden Arbeit aufgestellte Fragestellung als besonders wichtig herausgestellt. Im Zentrum der Untersuchung lagen nicht die Ist-Zustände sondern die Entwicklungsdynamik der untersuchten Variablen, sowie deren räumliche und zeitliche Variationen.

Die Bevölkerung hat in der Schweiz seit 1950 um knapp 3 Millionen auf 7.2 Millionen Einwohner zugenommen. Bis um 1960 war eine räumliche Konzentration auf die Kernstädte der grossen Agglomerationen festzustellen. In den folgenden drei Dekaden setzte eine Trendumkehr ein, welche sich bis heute fortsetzt: Die Bevölkerung verteilt sich wieder gleichmässiger über den Raum. Diese Dekonzentration beschränkt sich bei genauerer Betrachtung allerdings vorwiegend auf die mittlerweile praktisch zusammenhängenden Metropolitanräume im Mittelland. Die Trendumkehr setzte umso später ein, je peripherer der untersuchte Teilraum gelegen ist. Analog zur Dekonzentration der Bevölkerung verhält sich auch die Relation, in der die Städte nach ihrer Grösse zueinander stehen: nach einem lang andauernden und kontinuierlichen Anstieg der Steigung der Hierarchiekurve, flacht diese wieder ab. Die Städtehierarchie ist heute weniger ausgeprägt als vor 50 Jahren, was ebenfalls auf eine regelmässigeren Verteilung der Bevölkerung über den Raum hindeutet.

Ebenso ist die zwischen Zentrum und Peripherie unterschiedliche Entwicklungsdynamik der Arbeitsplätze heute nicht mehr ganz so stark ausgeprägt, wie dies in den 1960er Jahren noch der Fall war. Im Gegensatz zur Bevölkerungsdynamik scheinen neue Arbeitsplätze, insbesondere diejenigen im Dienstleistungssektor, immer noch in erster Linie in der Nähe zum Zentrum einer Metropolitanregion zu entstehen, was die These der örtlichen Separierung von Wohnen und Arbeiten weiter belegt.

Geographisch lassen sich die gemachten Feststellungen zu den räumlichen Verteilungen folgendermassen zusammenfassen: Disperse Konzentration der demographischen und ökonomischen Dynamik auf das Mittelland mit Schwerpunkt im Dreieck Basel-Zürich-Luzern, sowie dem Arc Lémanique zwischen Genève und dem Raum Lausanne-Vevey. Das zentrale Mittelland um Bern ist davon weniger betroffen. Der alpine Raum wird von dieser Dynamik der Dekonzentration nur in Ansätzen tangiert. Hier hält die Konzentration nach wie vor an. Die

Dekonzentration beschränkt sich auf umliegende Nachbargemeinden alpiner Agglomerationszentren, wie etwa in der Agglomeration Chur oder im alpinen Städtensystem Sierre-Sion-Martigny.

Sowohl die deskriptive Analyse wie auch die Regressionsmodelle zeigen zudem, dass sich die Verdrängungseffekte in den Wachstumszentren gegen die Gegenwart hin akzentuieren: Heute wachsen die Ränder der Metropolitanregionen, dort wo Bauland preiswert und überhaupt noch verfügbar ist.

13.1.2 Ausbau der Verkehrsinfrastruktur und Erreichbarkeitsveränderungen

Die Erreichbarkeit hat seit 1950 für den ÖV, wie den IV, für Einwohner, wie für Arbeitsplätze beider untersuchter Sektoren stark zugenommen.

Während die Personenerreichbarkeit für den IV wegen des Baus der Nationalstrassen den grössten Wachstumsschub zwischen 1960 und 1970 erlebte und danach moderat wächst, ist die Personenerreichbarkeit ÖV durch die Einführung des Taktfahrplans und verschiedener punktueller Infrastrukturausbauten (z. B. der Heitersberg tunnel), zwischen 1970 und 1980 stark angestiegen und wächst danach moderat. Prozentual am stärksten angewachsen ist die Erreichbarkeit der Arbeitsplätze für den tertiären Sektor, da sich dieser durch die wirtschaftliche Transition in den Zentren besonders stark entwickelt hat.

Dabei hat sich die Erreichbarkeit, analog zur Bevölkerung, gegen die Gegenwart hin homogener über alle Gemeinden verteilt, das Gefälle hat abgenommen, wobei die ÖV Erreichbarkeit über alle Gemeinden nach wie vor deutlich weniger gleichmässig verteilt ist als dies bei der IV Erreichbarkeit der Fall ist. Die Unterschiede zwischen Gemeinden mit hoher und Gemeinden mit tiefer Erreichbarkeit beim ÖV sind, trotz aller Anstrengungen welche gerade in den letzten beiden Jahrzehnten in den ÖV Ausbau geflossen sind, ungleich grösser als bei der IV Erreichbarkeit geblieben.

Die grössten Erreichbarkeitszugewinne konnten in denjenigen Gemeinden erzielt werden, welche 1950 über eine mittelgrosse Erreichbarkeit verfügten. Gemeinden mit sehr hoher oder sehr niedriger Erreichbarkeit haben sich dagegen am wenigsten verändert. Auf diese Weise existiert heute kein Gefälle der Erreichbarkeit zwischen Stadt und Land mehr, wie es 1950 noch vorhanden war. Stattdessen sehen wir heute weite, zusammenhängende Flächen im Mittelland mit generell hoher Erreichbarkeit. Diese stehen grossen alpinen Regionen mit eher

niedriger Erreichbarkeit gegenüber.

13.1.3 Effekte der Erreichbarkeitveränderungen auf die Raumstruktur

Die Hauptfragestellung der vorliegenden Arbeit wird nun anhand der in Kapitel 5 aufgestellten drei Hypothesen abschliessend beantwortet.

H1: Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur und ergo Verkehrsinfrastrukturausbauten wirken sich generell positiv auf verschiedenste Variablen der Raumstruktur aus

Diese Hypothese kann insofern bestätigt werden, als die statistischen Analysen gezeigt haben, dass die Erreichbarkeit neben anderen raumprägenden Variablen eine signifikante Grösse ist, um die abhängigen Variablen Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung zu erklären. Mittels statistischer Schätzmodelle wurde die Entwicklung von Bevölkerung und Arbeitsplätzen auf die Potentialveränderungen geschätzt. Die globalen Modelle besagen, dass sowohl die Erreichbarkeit ÖV, wie auch IV, neben anderen Variablen sich signifikant positiv auf die Raumstruktur, welche hier über die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung operationalisiert wurde, auswirkt.

H2: Die Stärke dieser Auswirkungen ist allerdings räumlich nicht überall gleich stark ausgeprägt

Die Analyse zeigt weiter, dass die Variationen über den Raum, was die Stärke der Zusammenhänge betrifft, gross sind. Sowohl bei Kantonen (geographische Einteilung der Schweiz) wie auch bei den ARE Gemeindetypen (Unterteilung des Untersuchungsraumes nach Gemeindetypen) reagieren die peripheren und alpinen Regionen stark auf Erreichbarkeitsentwicklungen. Die Wirkungen in Agglomerationen und agglomerationsnahen Regionen des schweizerischen Mittellandes erweisen sich als deutlich geringer.

Die unterschiedlichen Ausprägungen der Wirkungszusammenhänge können also geographisch eingeordnet werden. Die zweistufigen hierarchischen Modelle zeigen allerdings auch, dass sich die Koeffizienten der unabhängigen Variablen der einzelnen Kantone gegen die Gegenwart hin immer weniger voneinander unterscheiden, es zeichnet sich eine Angleichung ab.

H3: Die Stärke der genannten Wirkungszusammenhänge verändert sich über die Zeit

Dieser positive Zusammenhang bleibt über die Jahrzehnte bestehen, nimmt aber, ganz gemäss der aufgestellten These, kontinuierlich ab. Diese Entwicklung zeigen alle geschätzten globa-

len OLS Modelle, sowohl für den ÖV (stärker), wie auch für den IV (weniger ausgeprägt). Diese Resultate aus dem ersten Teil werden durch die hierarchischen Modelle und deren Spezialform, die *Repeated Measures* Modelle unterstützt. Mittels einer hierarchischen Dreiebenenregression wurden ebenfalls unterschiedliche Abhängigkeiten festgestellt. Auch bei diesen Modellen, welche ganz anders aufgebaut sind, nehmen die genannten Einflüsse über die Zeit ab.

Tabelle 29 fasst die räumliche und zeitliche Differenzierung zur Übersicht zusammen:

Tabelle 29 Wirkungszusammenhänge im gesamtschweizerischen Kontext

	1950-1960	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-2000
IV Erreichbarkeit					
urban	durchschnittlich	durchschnittlich	durchschnittlich	unterdurchschnittlich	unterdurchschnittlich
rural-alpin	unterdurchschnittlich	durchschnittlich	durchschnittlich	überdurchschnittlich	überdurchschnittlich
ÖV Erreichbarkeit					
urban	durchschnittlich	durchschnittlich	durchschnittlich	unterdurchschnittlich	unterdurchschnittlich
rural-alpin	überdurchschnittlich	überdurchschnittlich	überdurchschnittlich	überdurchschnittlich	überdurchschnittlich

Es kann zusammengefasst werden, dass die Wirkungszusammenhänge zwar konstant positiv sind, der Grenznutzen von Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur gegen die Gegenwart hin aber stetig abnimmt. Dies ist umso stärker der Fall, je besser die Erschliessung und je grösser die Nähe zu einem Zentrum eines Metropolitanraumes eine Region liegt.

Dass die räumlichen Strukturen durchwegs stärker auf den ÖV Ausbau ansprechen kann damit begründet werden, dass die ÖV Infrastruktur in den letzten 25 Jahren v. a. in den Ballungsräumen, also entlang der stark besiedelten Ausfallachsen der Agglomerationen, massiv ausgebaut wurde. Gute ÖV Anschlüsse sind gerade für Wegpendlergemeinden heute eine wichtige Gunst im Standortwettbewerb. Die Resultate des jüngsten Mikrozensus (BfS, 2007) ergeben einen nochmals gesteigerten Anteil des ÖV an allen Pendlerstrecken.

Diese Resultate müssen aber im Hinblick auf die gesamte Bevölkerungsentwicklung betrachtet werden, welche im peripheren Raum im Gegensatz zu den Metropolitanregionen ja stag-

niert. Die positiven Wirkungszusammenhänge in den alpinen und ruralen Teilräumen bedeuten in der langen Frist, dass die Bevölkerung zwar stabil gehalten werden kann, sich deren Entwicklung aber auf diejenigen alpinen Regionen konzentriert, welche vom Ausbau der Verkehrsinfrastruktur profitieren können. Aufgrund der Topographie sind dies in erster Linie die Talgemeinden in der Nähe der alpinen Zentren (was die deskriptive Analyse der Bevölkerungsentwicklung in Kapitel 7 ja bestätigt). In und um die Metropolitanräume des Mittellandes dagegen ist die Erreichbarkeit heute auf einem so hohen Niveau, dass andere Faktoren wie Land- und Bodenpreise und die damit verbundenen Verdrängungseffekte für die Standortwahl von höherer Bedeutung sind. Die in diesen Räumen stetig abnehmenden Wirkungszusammenhänge, sowie die generell diffusere Modellgüte belegen dies deutlich.

13.2 Methodische Schlussfolgerungen und Forschungsbedarf

In dieser Arbeit wurde die Raumstruktur durch die verschiedenen oben erwähnten Variablen ausgedrückt. Die untersuchten Variablen werden, um mit einem möglichst feinen Datenset arbeiten zu können, auf Gemeindeebene disaggregiert. Diese dafür notwendigen Daten entstammen in erster Linie den Volks- und Betriebszählungen und wurden, um die Vergleichbarkeit über 50 Jahre zu ermöglichen, für jedes Jahrzehnt auf den Gebietsstand des Jahres 2000 umgerechnet.

Räumliche Gliederung und Aggregierungsniveau der verwendeten Daten: Für statistische Analysemethoden, welche regionale Differenzierungen vornehmen, drängt sich eine hohe Disaggregation der Daten auf, um auf die räumliche Variation eingehen zu können. Dies gilt in besonderem Masse für die hierarchische Modellierung. Wie in Kapitel 5.2 dargelegt, wurden für die hierarchischen Modelle die Kantone und z. T. als Ergänzung eine Gliederung nach den ARE Gemeindetypen als obere Hierarchieebene gewählt. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass eine genügend grosse Anzahl von Beobachtungspunkten auf der unteren Hierarchieebene vorhanden sind, um statistisch vernünftig grosse Stichproben zu erhalten.

Rang-Grössen Darstellungen nach Zipf, Lorenzkurven und Gini-Indizes, sowie Shiftanalysen (siehe den deskriptiven Teil der Arbeit) sind wichtige Instrumente um räumliche und raumzeitliche Gegebenheiten und Entwicklungen darzustellen. Sie gehen über die reine Deskription von Daten hinaus, sie zeigen die untersuchten Variablen im Verhältnis zueinander und weisen auf räumliche Anomalien hin. Die Anwendung dieser Methoden hat wertvolle Resultate hinsichtlich der Analyse der räumlichen Verteilungen der untersuchten Variablen geliefert.

Die Verkehrsinfrastruktur anhand des Potentialansatzes zu operationalisieren hat sich als gangbares Mittel herausgestellt, um die Wirkungszusammenhänge über einen Zeitraum, welcher mehrere Dekaden überspannt, und dies über einen relativ grossen Untersuchungsperimeter, zu analysieren. Insbesondere lässt der Potentialansatz räumlich fein aufgelöste Analysen zu, wird doch jeder Gemeinde eine bestimmte Erreichbarkeit zugeordnet. In diesem Aspekt übertrifft dieser Ansatz die *Production Function* Modelle, welche die Verkehrsinfrastruktur anhand der investierten Mittel operationalisieren, deutlich. Denn die Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur z. B. in dicht besiedelten Räumen sind nicht mehr zwingend mit Erreichbarkeitsverbesserungen gleichzusetzen (man denke an Überdachungen, Untertunnelungen, Investitionen in den Lärmschutz), respektive die Kosten für die Erreichbarkeitsverbesserung sind da heute ungleich teurer als dies in früherem Dekaden oder in wenig erschlossenen Gebieten der Fall war und ist. Dieser so für die Modellschätzung operationalisierte Ausbau der Verkehrsinfrastruktur wiederum ist sodann in die statistischen Schätzmodelle als Attraktivitätsmerkmal eines Ortes als eine der unabhängigen Variablen eingeflossen. Verändert sich das Potential, so kann die Ursache dafür die veränderte Reisezeit c_{ij} oder aber die veränderte Anzahl Arbeitsplätze/Einwohner A_j in der Gemeinde j sein (vgl. Definition Erreichbarkeit in Kapitel 4). Es drängt sich für die weitere Analyse daher eine Zerlegung der Potentialveränderungen in eine netzbedingte Veränderung (Netzteil) und eine demographisch-wirtschaftsstrukturell bedingte Veränderung (Wirtschaftsteil) auf. Diese Zerlegung geschieht am besten dadurch, dass man – etwa in Anlehnung an die Shift-Analyse – den Netz- vom Wirtschaftsteil durch eine geeignete tautologische Erweiterung isoliert (siehe dazu Kesselring et al., 1982).

Bei der Entwicklung räumlicher Strukturen sind, wie besprochen, verschiedenste Akteure involviert und es ist nicht einfach deren Einflussnahme auseinander zuhalten. So sind insbesondere die erwähnten Sektoralpolitiken und direkten und indirekten Transferzahlungen in periphere Gebiete ebenfalls raumprägend. Diese Effekte wurden insofern in die globalen Regressionsmodelle miteinbezogen, als dass sie, sofern sie denn wirksam sind, sich positiv auf Bevölkerung und Arbeitsplatzentwicklung ausgewirkt haben.

Beginnend mit einer *Ordinary least square* Regression wurden die Modelle schrittweise zu umfangreicheren zwei- und dreistufigen hierarchischen Regressionsmodellen und weiter zu SEM Modellen weiterentwickelt. Dies ergab die Möglichkeit, die ganze Bandbreite von Informationen, welche Paneldaten in sich tragen, einzubeziehen. Im Besonderen sind dies zeitliche und räumliche Variationen der Wirkungszusammenhänge, welche aus gewöhnlichen OLS Modellen nicht ersichtlich sind. Auch können sie Entwicklungen über Raum und Zeit gleichzeitig nachzeichnen. Dies geht reibungslos, solange nur für die Konstanten sowohl ein *fixed*, also auch ein *random part* berechnet wird. Wenn dagegen für Konstanten und Steigung ein *fixed* und ein *random part* errechnet werden soll, zeigte sich die benutzte Software

MLwiN 2.2 bei der Modellanwendung mit einer zu grossen Anzahl Variablen oft instabil. Es müsste in der Folge getestet werden, ob nicht mindestens in Regionen mit kleinflächigen Gemeinden, räumlich kleinere Einheiten, wie Bezirke oder Regionalplanungsregionen (statt Kantone), als Raumeinheiten auf der oberen Hierarchieebene in die Schätzungen einbezogen werden sollten, wobei dann die Diskussion über die richtige räumliche Aufteilung und die räumlich diskontinuierlichen Prozesse wieder relevant wird (siehe Kapitel 5).

Bis dahin wurde von einer Richtung des Wirkungsverlaufs, nämlich von der Wirkungsrichtung von Verkehrsinfrastruktur auf die räumliche Entwicklung ausgegangen. Die stetige Abnahme der Wirkungszusammenhänge hin zur Gegenwart einerseits und die tendenzielle Reduktion der Signifikanz über den Untersuchungszeitraum andererseits rücken die Frage nach der Richtung der Wirkungszusammenhänge allerdings wieder in den Vordergrund. Es muss daher auch die gegenteilige Wirkungsrichtung in Erwägung gezogen werden, das heisst es muss berücksichtigt werden, in welcher Weise die raumwirtschaftliche Entwicklung und die Raumplanung die Verkehrsflüsse verändert und somit auf den Strassennetzausbau zurückwirkt (siehe dazu auch Knaap und Song, 2005). Diesen Rückkoppelungen muss in der Folge gebührend Beachtung geschenkt werden. Mit dem Granger-Kausalitätstest, einem üblichen quantitativen Verfahren zur Identifizierung von Ursache - Wirkungszusammenhängen (Granger, 1988), können Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung formell getestet werden.

Im Hinblick auf etwaige Ex-Ante Analysen zu den Auswirkungen zukünftiger Verkehrsinfrastrukturprojekte muss, aufgrund des in dieser Arbeit festgestellten stetig fallenden Grenznutzens von Neuinvestitionen, davon ausgegangen werden, dass die festgestellten Wirkungszusammenhänge die Auswirkungen zukünftiger Projekte möglicherweise überschätzen würden. Des Weiteren ergibt sich zusätzlicher Forschungsbedarf in dicht besiedelten Räumen mit hoher Standortgunst und hoher Wachstumsdynamik. Gerade da, nun aber auf einem kleineren Untersuchungsperimeter, würde sich die Modellierung der Flächennutzung anhand von Flächennutzungsmodellen mit dem hier gewählten Ansatz ideal ergänzen.

13.3 Schlussbetrachtungen

Die oben zusammengestellten und bewerteten Resultate werden nun in einem etwas weiter gefassten Kontext im Rahmen der Fragestellung abschliessend kommentiert, wobei ein Bogen zur Verkehrs- und Raumordnungspolitik geschlagen wird.

Die Nachkriegszeit war geprägt von einem bis anhin nie da gewesenen Aufschwung der Wirtschaft, welcher einherging mit einem starken Ausbau des Arbeitsplatzangebotes in urbanen

Gebieten einerseits und der Massenmotorisierung der Bevölkerung auf der anderen Seite. Die Überwindung des Raumes wurde für weite Teile der Gesellschaft erschwinglich und es wurde möglich, Wohn- und Arbeitsort immer weiter voneinander zu separieren. Die Planung hat auf diese veränderten gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bedürfnisse reagiert und anhand des Prinzips der „Flaschenhalsbeseitigung“ die Verkehrsinfrastruktur ausgebaut, was zu einer massiven Zunahme der Erreichbarkeit führte. Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur ermöglichen vergrößerte Aktionsradien für die Individuen, wie auch für die Wirtschaft, da die Transportkosten fallen. Kleine, aufgrund mangelnder Erschliessung gegen aussen abgeschlossene, Ökonomiesysteme können auf diese Weise aufgebrochen werden. Krugman, 1995, hat gezeigt, dass verbesserte Verkehrssysteme zu einer wirtschaftlichen Konzentration führen können, was in Kapitel 5 theoretisch aufgezeigt worden ist und was auch die sich verändernden Grössen der Einzugsgebiete, welche auf die Entwicklung einer Gemeinde Einfluss haben (siehe Kapitel 12), bestätigt haben. Durch die unter diesen Prämissen entstandene Neuordnung des Raumes stellten sich bald auch Verdrängungseffekte ein, Wohnraum wich aufgrund der steigenden Mieten dem Bedarf an Büro- und Gewerbeflächen. Die Gesamtheit dieser Effekte führte zu einer Suburbanisierung und damit zu einem Ausufern der Agglomerationen, kreisförmig um die Kernstadt. Als Konsequenz dieser Entwicklungen begann ein in diesem Ausmass im ländlichen Raum bis anhin wenig bekannter Bau von Einfamilienhausquartieren. So hat sich die „Wachstumswelle“, also die Zone mit der jeweils stärksten Bevölkerungsentwicklung, innerhalb eines Metropolitanraumes über die Jahrzehnte immer weiter von der Kernstadt weg bewegt. Die Bedeutung der Zentrumsgemeinde als Wohn- und Arbeitsort nimmt über die Zeit kontinuierlich ab. Das Wachstum konzentriert sich daher heute auf die Zwischenräume, welche über genug günstiges Bauland verfügen, mit den dementsprechend günstigen Mietzinsen (siehe Anhang A7). Erst in allerjüngster Zeit ist erkennbar, dass es auf einmal auch wieder die Kernstädte sind, welche für jüngere, gut ausgebildete Menschen als Wohnort wieder attraktiv werden.

Diese Entwicklungen der Raumstrukturen und der Verhältnisse, in welchen die Teilräume zueinander stehen, hatten zweifellos auch Konsequenzen auf deren demographische Verteilungen, sie führten bis zu einem gewissen Masse zu einer verstärkten Segregation der Altersgruppen (Siehe Anhang A6). Die Konzentration der wirtschaftlichen Tätigkeiten in die Metropolitanräume des Mittellandes, im Rahmen des Übergangs hin zum Dienstleistungssektor, hat die jungen, arbeitstätigen Menschen in die Zentren gezogen, während die Älteren in der Peripherie geblieben sind. Dieses Zentrum-Peripheriegefälle der Altersstruktur hat sich bis hin zur Gegenwart gehalten. Die soziodemographischen Entwicklungen werden sich auch auf die Verkehrsplanung auswirken, da die Pendlerströme relativ abnehmen werden, sich der Tages- und Freizeittourismus der älteren, nicht mehr arbeitstätigen Bevölkerung aber verstärken

wird.

Verkehrspolitik und Raumplanung haben die Wechselwirkung zwischen Raum und Verkehr früh erkannt. Mit verschiedenen Ansätzen und Konzepten, welche vom Gesetzgeber mit Richt- und Sachplänen umgesetzt werden sollen, wurde versucht, diese Neuordnung des Raumes und den explodierenden Bodenbedarf zu lenken. Ziel oder Ausgangspunkt all dieser Konzepte sind Vorstellungen über die zukünftige Verteilung von Bevölkerung und Arbeitsplätzen. So unterschiedlich diese auch sein mögen, ihnen gemeinsam ist deren Charakter als Antithese zur fortschreitenden Desurbanisierung. Begriffe wie "dezentrale Konzentration" (Landesplanerische Leitbilder (Rotach, 1971)) oder "vernetztes Städtensystem" (Grundzüge der Raumordnung, EJPD, 1996) weisen auf die angestrebte Trendumkehr hin (siehe dazu auch Tschopp et al., 2003).

Und trotzdem sind Verkehrs- und Raumplanung, wie sie heute ausgestaltet sind, nicht immer in der Lage, regionale Disparitäten abzubauen, wie sie etwa im Raumplanungsgesetz (siehe Kapitel 3) postuliert werden. Die Regionen des Mittellandes mit ihren Agglomerationen wurden gestärkt und das in den Grundzügen der Raumordnung Schweiz (EJPD, 1996) propagierte Städtensystem ist, gerade auch durch die erste Etappe der Bahn 2000, eine Realität. Die gleichzeitige Schonung der mittelländischen Zwischenräume ist allerdings eine Illusion geblieben. Gerade in diesen Gebieten, in denen heute auch die Bevölkerung am schnellsten wächst, ist der Druck auf die Bodenressourcen am grössten. Auch die geforderte Stärkung der alpinen Räume findet in der Realität bestenfalls partiell statt. Allenfalls können die alpinen Zentren gestärkt werden, ihre Agglomerationen sind denn auch im Wachstum begriffen. Dies geschieht aber auf Kosten der peripheren Gegenden des jeweiligen Einzugsgebietes. Diese negativen Entwicklungen stehen in Widerspruch zu den in Verfassung (Art. 75) und Gesetz (RPG) festgeschriebenen Zielen einer geordneten Besiedlung und haushälterischen Nutzung des Bodens, sowie des Umweltschutzes und erst recht zu jenen einer nachhaltigen Entwicklung (siehe dazu auch Tschopp et al., 2003).

Auch wenn die Effekte zusätzlicher Verkehrsinfrastruktur auf die Raumstrukturen heute deutlich geringer sind als vor 50 Jahren, so sind die Auswirkungen im Vergleich zu anderen raumwirksamen Tätigkeiten von Bund und Kantonen gerade in peripheren und alpinen Regionen nach wie vor sehr gross. Die Schlussfolgerungen fallen entsprechend geographisch differenziert aus: Jetzt wo die alpinen Zentren gut mit dem Mittelland verbunden sind, muss der Fokus zukünftig auf die verbesserte Feinerschliessung innerhalb des alpinen Raumes gelegt werden. Die Erreichbarkeit hat in den Metropolitanräumen des Mittellandes heute ein so hohes Niveau erreicht, dass eine weitere Verbesserung keine deutliche Erhöhung der Standortgunst mehr bringt. Die Verkehrsnetze im gut erschlossenen Mittelland sollten dahingehend

erweitert werden, dass die Konzentration auf die innere Erschliessung der Agglomerationen erfolgt. Dabei ist zu achten, dass die Agglomerationen, entsprechend den postulierten Zielen der Grundzüge der Raumordnung Schweiz (EJPD, 1996), verstärkt in ihrer Ausdehnung begrenzt und räumlich strukturiert werden, sodass die Zwischenräume geschont werden.

Die Raum- und Verkehrsplanung, sowie die Regionalpolitik müssen sich mit der wieder diffundierenden Raumstruktur im Mittelland künftig genauso auseinandersetzen, wie mit der Entleerung alpiner und ruraler Regionen. Es wird sich sowohl bei strukturerhaltenden und regionalpolitischen Massnahmen, wie auch bei Verkehrsinfrastrukturprojekten zunehmend die Frage nach deren Finanzierung und Nutzen stellen. Ein erster Schritt, die urbanen, dynamischen Wachstumsregionen verstärkter und direkter in die Planung einzubeziehen ist mit den im Rahmen des FinöV Fonds in Angriff genommenen Agglomerationsprogrammen getan (siehe dazu ARE, 2005). Bei der Auswahl der zu unterstützenden Projekte ist allerdings mit besonderer Vorsicht die mögliche Interaktion zwischen Verkehrsinfrastruktur und räumlicher Entwicklung abzuschätzen. Dagegen kann eine gezielte Förderung der Erreichbarkeit in strukturschwachen, peripheren Regionen die Standortgunst nach wie vor massgebend erhöhen. Dabei ist für die Gestaltung der Verkehrspolitik aber zukünftig bei Investitionsentscheiden darauf zu achten, dass die projektspezifischen Zusatznutzen exakt mit den entsprechenden Kosten abgewogen werden, was heisst, dass sie verstärkt auf ihre Wirkung auf die Siedlungs-, Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung hin überprüft werden sollen.

14 Literatur

- Ackermann, M. (1992) *Konzepte und Entscheidungen in der Planung der schweizerischen Nationalstrassen von 1927 bis 1961*, Peter Lang, Bern.
- Alonso, W. (1964) *Location and Land Use*, Harvard University Press, Cambridge.
- ARE (2005) Raumentwicklungsbericht, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern.
- ARE (2006) Räumliche Auswirkungen des Vereinatunnels – eine ex post Analyse, Zusammenfassung, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern.
- ARE (2007) Räumliche Auswirkungen der Verkehrsinfrastrukturen – Lernen aus der Vergangenheit, Synthesebericht, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern.
- Aschauer, D. A. (1989) Is public expenditure productive?, *Journal of Monetary Economics*, **23** (2) 177-200.
- Banister, D. und J. Berechman (2000) *Transport Investment and Economic Development*, UCL Press, London.
- Bathelt, H. und J. Glückler (2002) *Wirtschaftsgeographie – Ökonomische Beziehungen in räumlicher Perspektive*, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Ben-Akiva, M. E. und S. R. Lerman (1985) *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, MIT Press, Cambridge.
- Bender, C. und S.F. Hoffmann (2003) *Grundlagen der multiplen linearen Regression*, Seminarbeitrag, Universität St. Gallen, St. Gallen.
- Berechman, J., D. Ozmen und K. Ozbay (2006) Empirical analysis of transportation investment and economic development at state, county and municipality levels, *Transportation*, **33** (6) 537-551.
- Bergh, J.C.J.M. van den, P. Nijkamp und P. Rietveld (Hrsg.) (1996) *Recent Advances in Spatial Equilibrium Modelling: Methodology and Application*, Springer, Berlin.
- BfS (2007) Strassenrechnung der Schweiz, Provisorische Resultate 2005, Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- BfS (2007) Mobilität in der Schweiz – Ergebnisse des Mikrozensus 2005 zum Verkehrsverhalten, Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.

- Bhat, C. und F. S. Koppelman (1999) A retrospective and prospective survey of time-use research, *Transportation*, **26** (2) 119-139.
- Bleisch, A. (2005) Die Erreichbarkeit von Regionen – ein Benchmarking-Modell, *Dissertation*, Universität Basel, Basel.
- Bodenmann, B. (2006) Modelle zur Standortwahl von Unternehmen, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **420**, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
- Brakman, S., H. Garretsen, C. V. Marrewijk und M. v. d. Bergh (1999) The Return of Zipf: Towards a further understanding of the rank-size distribution, *Journal of Regional Science*, **39** (1) 183-213.
- Brakman, S., H. Garretsen und C. V. Marrewijk (2001) *An Introduction to Geographical Economics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- BfS (div. Jahrgänge) *Statistisches Jahrbuch der Schweiz*, Bundesamt für Statistik, Bern.
- BRP (1998) *Vademecum Raumplanung Schweiz*, Bundesamt für Raumplanung, Bern.
- Bunge, W. (1966) *Theoretical Geography*, *Lund Studies in Geography*, Lund.
- Buser, B. (2006) Regionale Wirtschaftskreisläufe und regionale Wachstumspolitik, *Dissertation*, ETH Zürich, Zürich.
- Carter, H. (1995) *The Study of Urban Geography*, Arnold, London.
- Christaller, W. (1980) *Die zentralen Orte in Süddeutschland. Eine ökonomisch-geographische Untersuchung über die Gesetzmässigkeit der Verbreitung und Entwicklung der Siedlungen mit städtischen Funktionen*, Nachdruck der Erstausgabe von 1933, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Dalvi, M.Q. (1979) Behavioural modelling, accessibility, mobility and need: concepts and measurement, in D. Hensher und P. Stopher (Hrsg.) *Behavioral Travel Modeling*, 639-653, Croom Helm. London.
- De la Barra, T. (1989) *Integrated Land Use and Transport Modelling*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Echenique, M. H., A. D. Flowerdew, J. D. Hunt, T. R. Mayo, D. C. Simmonds und I. J. Skidmore (1990) The MEPLAN Models of Bilbao, *Transport Reviews*, **10** (4) 309-322.
- EDI (1958) *Das schweizerische Nationalstrassennetz*, Eidgenössisches Departement des Innern, Bern.
- EJPD (1973) *Raumplanerisches Leitbild der Schweiz*, CK 73, Eidgenössisches Justiz und Po-

lizeidepartement, Bern.

EJPD (1996) Bericht über die Grundzüge der Raumordnung Schweiz, Eidgenössisches Justiz und Polizeidepartement, Bern.

Erath, A. und P. Fröhlich (2004) Geschwindigkeiten im PW-Verkehr und Leistungsfähigkeiten von Strassen über die Zeit, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **183**, IVT, ETH Zürich, Zürich.

EVED (1977) *Gesamtverkehrskonzeption Schweiz - Schlussbericht*, Eidgenössisches Justiz und Polizeidepartement, Bern.

Expertenkommission (2002) Neue Regionalpolitik: Überprüfung und Neukonzeption der Regionalpolitik, Schlussbericht im Auftrag des Staatssekretariats für Wirtschaft, Zürich.

Fotheringham, A. S., C. Brunsdon und M. Charlton (2000) *Quantitative Geography*, Cromwell Press, Trowbridge.

Frei, A. (2005) Was hätte man 1960 für einen Sharan bezahlt?, *Diplomarbeit*, IVT, ETH Zürich, Zürich.

Frey, R. L. (1979) *Die Infrastruktur als Mittel der Regionalpolitik*, Paul Haupt Verlag, Bern.

Frey, R. L. (1990) *Städtewachstum – Städtewandel: eine ökonomische Analyse der schweizerischen Agglomerationen*, Helbling und Lichtenhahn Verlag, Basel.

Frey, R. L. (1991) *Mit Ökonomie zur Ökologie: Analyse und Lösungen des Umweltproblems aus ökonomischer Sicht*, Helbing & Lichtenhahn, Basel.

Frey, T. und L. Vogel (1997) *Und wenn wir auch die Eisenbahn mit Kälte begrüßen...*, Chronos, Zürich.

Friedman, T. L. (2005) *The World is Flat*, Penguin Books, London.

Friedmann, J. (1966) *Regional Development Policy: A Case Study of Venezuela*, MIT Press, Cambridge.

Fröhlich, Ph. und K. W. Axhausen (2002) Development of car-based accessibility in Switzerland from 1950 through 2000: First results, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **111**, IVT, ETH Zürich, Zürich.

Fröhlich, Ph. (2003) Induced Traffic: Review of the explanatory models, Vortrag, Ascona, März 2003.

Fröhlich, Ph., T. Frey, S. Reubi und H.U. Schiedt (2003) Entwicklung des Transitverkehrssystems und deren Auswirkung auf die Raumnutzung in der Schweiz (COST 340): Verkehrsnetz-Datenbank, *Arbeitsbericht Verkehrs- und Raumplanung*, **208**, IVT, ETH Zürich, Zürich.

- Fröhlich, Ph., M. Tschopp und K. W. Axhausen (2006) Entwicklung der Erreichbarkeit der Schweizer Gemeinden: 1950-2000, *Raumforschung und Raumordnung*, **64** (6) 385-399.
- Fujita, M., P. Krugman und A. J. Venables (1999) *The Spatial Economy: Cities, Regions and International Trade*, MIT Press, Cambridge.
- Fürst, F. und M. Wegener (1999) Land-use transport interaction: state of the art, *Berichte aus dem Institut für Raumplanung*, **46**, IRPUD, Dortmund.
- Garcia-Milà, T. und T. McGuire (1992) The contribution of publicly provided inputs to state's economies, *Regional Science and Urban Economics*, **22** (2) 229-242.
- Gätzi, M. (2004) Raumstruktur und Erreichbarkeit am Beispiel der Schweiz zwischen 1950 und 2000, Diplomarbeit, IVT ETH Zürich, Zürich.
- Geurs, K. (2006) *Accessibility, Land Use and Transport*, Eburon, Delft.
- Gfeller, M. (1984) Auswertung von Indikatorenkonzepten der Nationalstrassenüberprüfung (NUP) hinsichtlich Landschaftsbeeinträchtigungen, Institut für Orts- regional und Landesplanung, ETH Zürich, Zürich.
- Giacomazzi, F. (2004) Räumliche Auswirkungen der Verkehrsinfrastrukturen in der Magadi-noebene – eine ex post-Analyse, Zusammenfassung, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern.
- Goldstein, H. (1987) *Multilevel Models in Educational and Social Research*, Griffin & Co, Oxford.
- Granger, C. W. J. (1988) Some recent developments in the concept of causality, *Journal of Econometrics*, **39** (2) 199-211.
- Hackney, J.K., M. Bernard, S. Bindra und K.W. Axhausen (2006) Explaining road speeds with spatial lag and spatial error regression models, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **379**, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Haefeli, U. (2006) Der grosse Plan und seine helvetische Realisierung, *Schweizerische Zeitschrift für Geschichte*, **56** (1) 86-95.
- Haegerstrand, T. (1970) What about people in regional science? Papers of the Regional Science Association, **24** (1) 7-21.
- Hansen, W. G. (1959) How accessibility shapes land use, *Journal of the American Institute of Planners*, **25** (2) 73-76.
- Harris, C.D. (1954) The market as a factor in the localization of industry in the United States, *Annals of the association of American geographers*, **64** 315-348.

- Haug, W. (2002) *Räumliche und strukturelle Bevölkerungsdynamik der Schweiz 1990-2000*, Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- Haughwouth, F. A. (1996) Infrastructure wages, and land prices, unveröffentlichtes Paper, Woodrow Wilson School, Princeton University, Princeton.
- Heineberg, H. (2000) *Grundriss allgemeine Geographie: Stadtgeographie*, Schöningh, Paderborn.
- Holtz-Eakin, D. (1994) Public sector capital and the productivity puzzle, *Review of Economics and Statistics*, **76** (1) 12-21.
- Hotz-Hart, B., D. Schmucki und P. Dümmler (2006) *Volkswirtschaft der Schweiz: Aufbruch ins 21. Jahrhundert*, vdf, Zürich.
- Hunt, J. D., D. S. Kriger und E. J. Miller (2005) Current operational urban land-use-transport modelling frameworks: A review, *Transport Reviews*, **25** (3) 329-376.
- Iblher, P. (1977) Zielsystem für die Gesamtverkehrskonzeption der Schweiz, *GVK-CH*, **93**.
- Israd, W. (1956) *Location an Space-Economy: A General Theory Relating to Industrial Location Market Areas, Land Use, Trade and Urban Structure*, M.I.T Press, Cambridge.
- Jones, K. (1991) *Multi-level Models for Geographical Research*, Portsmouth Polytechnic, Portsmouth.
- Kaspar, C. (1976) *Die schweizerische Verkehrspolitik im Rückblick*, Verlag Paul Haupt, Bern.
- Kesselring, H., P. Halbherr und R. Maggi (1982) *Strassennetzausbau und raumwirtschaftliche Entwicklung*, Verlag Paul Haupt, Bern.
- Kirchhofer, A. (2006) Wettrennen um Verlustabschlüsse?, *Schweizerische Zeitschrift für Geschichte*, **56** (1) 57-66.
- Knaap, G.- J. und Y. Song (2005) The transportation-land use policy connection, in D. M. Levinson und K. J. Krizek (Hrsg.) *Access to Destinations*, 91-107, Elsevier, Oxford.
- Koschitz, P. (1993) *Zur Darstellung raumplanerischer Problemsituationen: Prozess und Produkt der Klärung komplexer Probleme im Kontext der Raumplanung*, vdf Verlag, Zürich.
- Krugman, P. (1991) *Geography and Trade*, MIT Press, Cambridge.
- Krugman, P. (1995) *Development, Geography and Economic Theory*, MIT Press, Cambridge.
- Kwan, M. (1998) Space-time and integral measures of individual accessibility: A comparative analysis using a point-based framework, *Geographical Analysis*, **30** (3) 191-216.

- Lendi, M. (2003) Grundproblematik der Schweizerischen Verkehrspolitik, ETHZ, <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/cgi-bin/show.pl?type=bericht&nr=270>
- Lendi, M. und H. Elsasser (1991) *Raumplanung in der Schweiz - eine Einführung*, vdf Verlag, Zürich.
- Lendi, M. (2004) Verkehrspolitik - das Recht weist den Weg, ETHZ, <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/cgi-bin/show.pl?type=bericht&nr=375>.
- LeSage, J. (2005) *Applied Econometrics Using matlab*, University of Toledo, Toledo.
- LeSage, J. P. (2004) *Spatial and Spatiotemporal Econometrics*, Elsevier, Amsterdam.
- Lill, E. (1891) *Das Reisegesetz und seine Anwendung auf den Eisenbahnverkehr*, Spielhagen & Schurich, Wien.
- Lloyd, P. und P. Dicken (1990) *Location in Space*, Harper & Row, New York.
- Lösch, A. (1944) *Die räumliche Ordnung der Wirtschaft*, Gustav Fischer, Jena.
- Lutter, H. (1980) *Raumwirksamkeit von Fernstrassen*, Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Bonn.
- Maddala, G. S. (2002) *Introduction to Econometrics*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Maier, G. und F. Tödtling (1992) *Regional- und Stadtökonomik, Standorttheorie und Raumstruktur*, Springer-Verlag, Wien.
- McFadden, D. (1981) Econometric models of probabilistic choice, in D. McFadden und C. Manski (Hrsg.) *Structural Analysis of Discrete Data and Econometric Applications*, MIT Press, Cambridge, 198–272.
- McGuire, T. (1992) Highways and macroeconomic productivity: phase two, final report, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- Miller, H. J. (1999) Measuring space-time accessibility benefits within transportation networks: Basis theory and computational methods, *Geographical Analysis*, **31** (2) 187–212.
- Miller, H. J. (2005) Place-based versus people based accessibility, in D. M. Levinson und K. J. Krizek (Hrsg.) *Access to Destinations*, 63–89, Elsevier, Oxford.
- Morris J. M., P.L Dumble und M. R. Wigan (1979): Accessibility indicators for transport planning, *Transportation Research A*, **13** (2), 91–109.
- Moor, R. (2004) Ausbau der Bahn- und Strasseninfrastruktur am Gotthard von 1850 bis 2004, Diplomarbeit, IVT ETH Zürich, Zürich.

- Munnell, A. H. (1990) How does public infrastructure affect regional economic performance?, *New England Economic Review*, **5** (1) 11-33.
- Myrdal, G. (1959) *Ökonomische Theorie und unterentwickelte Regionen*, übersetzt von B. Leibert, Originaltitel: *Economic theory and under-developed regions*, Fischer, Stuttgart.
- Nadiri, M. I. (1998) Contributions of highway capital to output and productivity growth in the U.S. economy and industries, Bericht an die Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- North, D. C. und R. P. Thomas (1973) *The Rise of the Western World*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Odermatt, A. und D. Wachter (2004) *Schweiz – eine moderne Geographie*, 4. überarbeitete Auflage, Verlag NZZ, Zürich.
- Ortuzar, J. d. D. und L. G. Willumsen (2001) *Modelling Transport*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Predöhl, A. (1925) Das Standortproblem in der Wirtschaftstheorie, *Weltwirtschaftliches Archiv*, **21** 294-331.
- PTV (2000) *Benutzerhandbuch VISUM 7.5*, Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe.
- Rasbash, J., W. Browne, H. Goldstein, M. Yang, I. Plewis, M. Healy und G. Woodhouse (2000) *A user's guide to MLwiN*, Institute of Education, London.
- Richter, K.-J. (1998) *Verkehrsökonomie. Elemente quantitativer Verkehrswirtschaft*, Oldenbourg, München.
- Rieder P. und S. Anwender Phan-Huy (1994) *Grundlagen der Agrarmarktpolitik*, vdf, Zürich.
- Rietveld, P. und F. Bruinsma (1998) *Is Transport Infrastructure Effective?*, Springer, Berlin.
- Rotach, M. (1971) Landesplanerische Leitbilder der Schweiz, Institut für Orts-, Regional- und Landesplanung ETHZ, Zürich.
- Rotach, M. (1986) Siedlung - Verkehrsangebot - Verkehrsnachfrage, Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, **145**, Bern.
- Schätzl, L. (1993) *Wirtschaftsgeographie*, Schöningh, Paderborn.
- Schilling, H. R. (1973) Kalibrierung von Widerstandsfunktionen, Lehrstuhl für Verkehrsingenieurwesen, ETH Zürich, Zürich.
- Schnabel, W. und D. Lohse (1997) *Grundlagen der Strassenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, Band 2.*, Verlag für Bauwesen, Berlin.

- Schuler, M. (1997) *Die Raumgliederungen der Schweiz*, Bundesamt für Statistik, Bern.
- Schuler, M., P. Dessemontet, C. Jemelin, A. Jarne, N. Pasche und W. Haug (2006) *Atlas des räumlichen Wandels der Schweiz*, Verlag Neue Zürcher Zeitung, Zürich.
- Schürmann, C., K. Spiekermann, R. und M. Wegener (1997) Accessibility indicators, *Berichte aus dem Institut für Raumplanung*, **39**, Institut für Raumplanung, Universität Dortmund, Dortmund.
- SECO (2007) Regional- und Raumordnungspolitik
<http://www.seco.admin.ch/themen/00476/00496/00497/index.html?lang=de>.
- Shirley, C. und C. Winston (2004) Firm inventory behaviour and the returns from highway infrastructure investments, *Journal of Urban Economics*, **55** (2) 398-415.
- Simma, A., K. W. Axhausen und M. Vrtic (2001) Interactions of travel behaviour, accessibility and personal characteristics: The Case of Upper Austria, Vortrag, Cambridge, September 2001.
- Simma, A., R. Schlich und K. W. Axhausen (2001) Destination choice modelling of leisure trips: The case of Switzerland, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **99**, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Simmonds, D. (1999) The design of the DELTA land-use modeling package, *Environment and Planning B*, **26** (5) 665-684.
- Steward, J. Q. (1947) Suggested principles of “social physics”, *Science*, **106** 179-180.
- Steward, J. Q. und W. Warntz (1958), Physics of population distribution, *Journal of Regional Science*, **1** (1) 99-123.
- Torrens, P. M. (2000) How Land-Use-Transportation Models Work, Centre for Advances Spatial Analysis, UCL, London.
- Tschopp, M., T. Frey, S. Reubi, P. Keller und K.W. Axhausen (2003) Raumnutzung in der Schweiz: Eine historische Raumstruktur-Datenbank, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **165**, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Tschopp, M. und P. Keller (2003) Raumstruktur-Datenbank: Gemeinde-Zuordnungstabelle, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **170**, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Tschopp, M., P. Keller, Ph. Fröhlich und K. W. Axhausen (2003) Are Swiss traffic and land use policy consistent?, Vortrag, Ascona, März 2003.
- Tschopp, M. und K. W. Axhausen (2004) Methoden zur räumlichen Datenanalyse, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **233**, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- UVEK (2006) *Sachplan Verkehr, Teil Programm*, Eidgenössisches Departement für Umwelt,

Verkehr, Energie und Kommunikation, Bern.

VBS (2006) Das VBS in Zahlen,
<http://www.vbs.admin.ch/internet/vbs/de/home/documentation/finanzen.html>.

VLP (2006) Raumplanung in der Schweiz: Eine Kurzeinführung, Schweizerische Vereinigung für Landesplanung,
<http://www.vlpaspan.ch/files/documents/raumplanungch.pdf>.

Wachter, D. (1995) *Schweiz, eine moderne Geographie*, Verlag NZZ, Zürich.

Wägli, H. G. (1998) *Schienennetz Schweiz: Strecken Brücken, Tunnels: ein technisch-historischer Atlas*, AS-Verlag, Zürich.

Wegener, M. (2002) Das IRPUD-Modell, Institut für Raumplanung Universität Dortmund,
http://irpud.raumplanung.unidortmund.de/irpud/pro/mod_/mod.htm.

Wegener, M. (2004) Overview of land use transport models, in D. A. Hensher und K. J. Button, K.E. Haynes und P.R. Stopher (Hrsg.) *Handbook of Transport Geography and Spatial Systems*, 127-146, Elsevier, Oxford.

Wilson, A. G. (1967) A statistical theory of spatial distribution models, *Transportation Research*, 1 (3) 253-269.

Wooldridge, J. (2003) *Introductory Econometrics: a Modern Approach*, South Western College Publishing, Mason.

World Bank (1994) *World Development Report 1994: Infrastructure and Development*, Oxford University Press, Oxford.

World Bank (1996) *Sustainable Transport. Priorities for Policy Reform*, World Bank, Washington, D. C.

Zipf, G. (1949) *Human Behaviour and the Principle of Least Effort*, Addison-Wesley, New York.

Abkürzungen

ANOVA	Analysis of Variance
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BfS	Bundesamt für Statistik
BIP	Bruttoinlandprodukt
BRP	Bundesamt für Raumplanung
BV	Bundesverfassung
CK73	Raumplanerisches Leitbild 1973
COST	Coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique
EDI	Eidgenössisches Departement des Innern
EJPD	Eidgenössisches Justiz- und Polizeidepartement
ESTV	Eidgenössische Steuerverwaltung
EVED	Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement
FinöV	Bundesbeschluss über Bau und Finanzierung von Infrastrukturvorhaben des öffentlichen Verkehrs
GVK	Gesamtverkehrskonzeption
IRPUD	Institut für Raumplanung, Universität Dortmund
IV	Individualverkehr

IVT	Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme
NUP	Nationastrassenüberprüfung
NRP	Neue Regionalpolitik
OLS	Ordinary Least Square
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PTV	Planung Transport Verkehr AG
RPG	Bundesgesetz über die Raumplanung
RPV	Raumplanungsverordnung
SAN	Siedlung-Verkehrsangebot-Verkehrsnachfrage
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SECO	Staatssekretariat für Wirtschaft
SEM	Spatial Error Modelling
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VBS	Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport
VLP	Schweizerische Vereinigung für Landesplanung
ZEB	Zukünftige Entwicklung der Bahnprojekte

Dank

Dass die Begeisterung für einen Themenkreis und die Sensibilisierung auf besondere Aspekte des Interessengebietes erfolgt, dass Gedanken reifen und eine Arbeit schlussendlich gedeihen kann, ist immer glückliche Fügung, oft aber die Konsequenz massgebender Eindrücke und Begegnungen.

Mein grosser und besonderer Dank gilt Prof. Hans Elsasser. Er hat mich im Studium an der Universität Zürich auf die in dieser Arbeit gewählte Thematik sensibilisiert und mich bereits während der Diplomarbeit zu ebendiesen Fragestellungen begleitet. Er hat mich mit wertvollen Hinweisen während der Erstellung der Dissertation unterstützt.

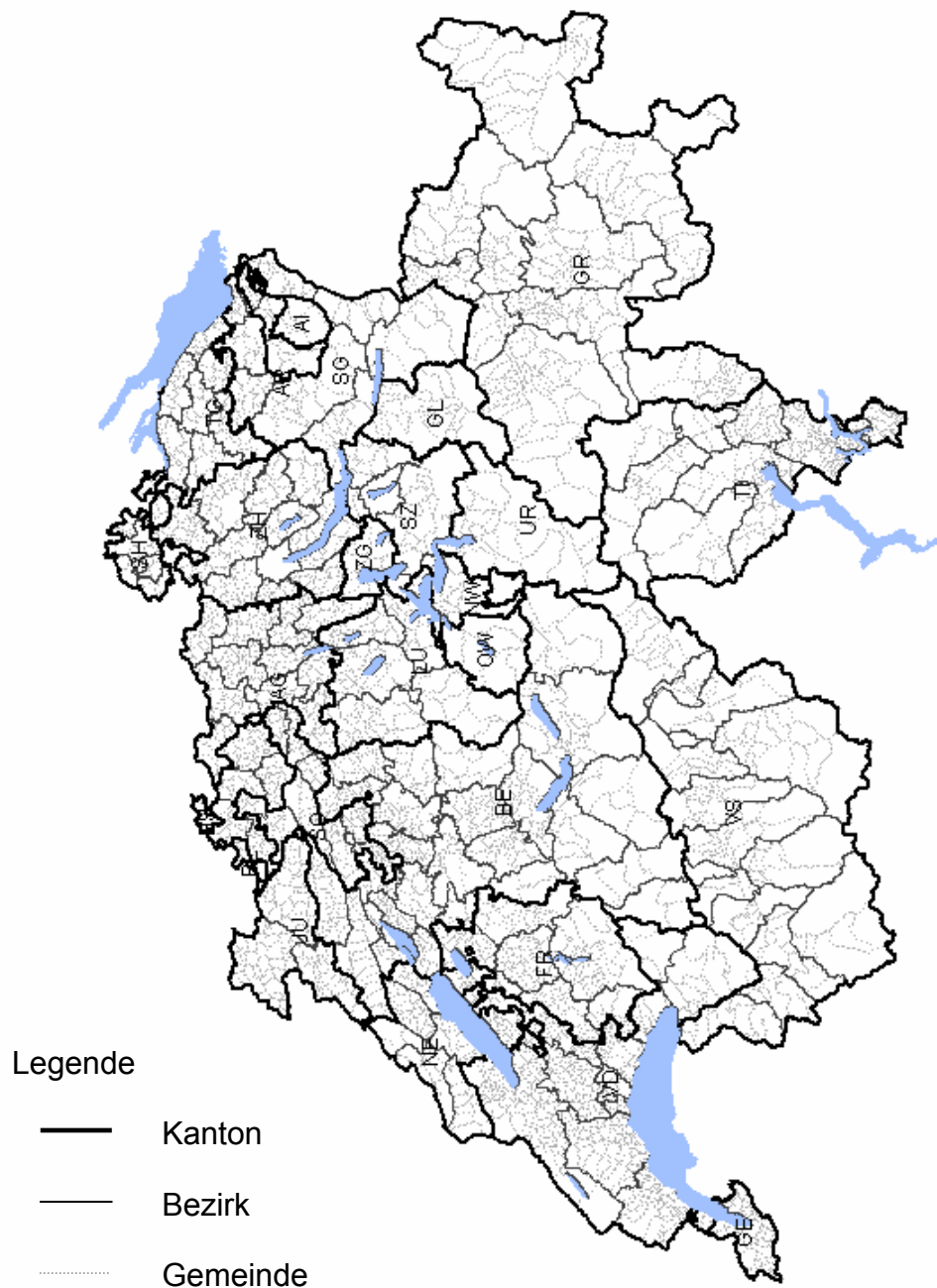
Am Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) an der ETH Zürich erhielt ich die grosse Gelegenheit meine Arbeiten zu räumlichen Aspekten verkehrsinfrastruktureller Entwicklungen fortzusetzen. Mein Dank gebührt Prof. Axhausen. Er hat mich mit quantitativ-statistischen Ansätzen zur Erforschung meiner gewählten Fragestellung vertraut und war mit seiner engagierten Betreuung massgebend am Gelingen dieser Arbeit beteiligt. Peter Keller hat mich während der Zeit am IVT in die planerischen Aspekte von Raum und Verkehr eingeführt – auch Ihm möchte ich herzlich danken.

Weiter möchte ich mich bei meinen Arbeitskollegen, insbesondere bei Philipp Fröhlich, Stefan Schönfelder und Arnd König, für die unzähligen Diskussionen und die fachliche Unterstützung bedanken.

Schlussendlich gebührt mein grosser Dank meinen Eltern und der ganzen Familie. Ohne deren lange und tiefe Unterstützung hätte mein Werdegang nicht so ablaufen können.

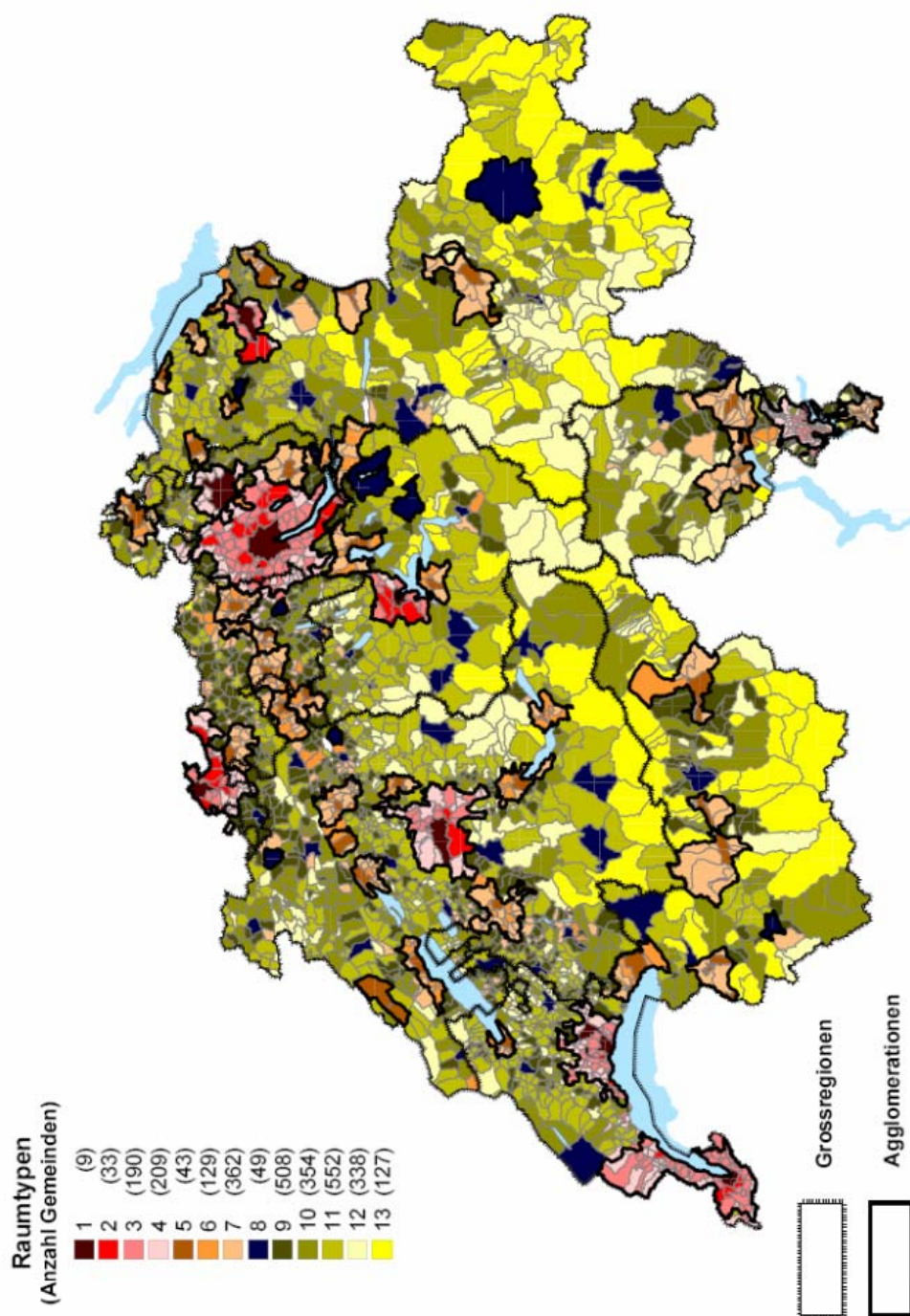
A 1 Institutionelle Gliederung der Schweiz

Abbildung A1 1 Die institutionelle Gliederung der Schweiz



A 2 Grossregionen, Agglomerationen und Gemeindetypisierung nach ARE

Abbildung A2 1 Grossregionen, Agglomerationen und Gemeindetypisierung nach ARE



A 3 Gemeindefusionen: Zuordnungstabelle – Beispielauszug

Abbildung A3-1 Beispielauszug der Zuordnungstabelle

1960gdecodef1960gdename	1960	...	1973	1974	...	1979	1980	1981	1982	1983	...	1993	1994	1995	...	2000	Gemeindenamen
582 ISELTWALD	582	...	582	582	...	582	582	582	582	582	...	582	582	582	...	582	Iseltwald
583 ISENFLUH	583	...	584	584	...	584	584	584	584	584	...	584	584	584	...	584	Lauterbrunne
584 LAUTERBRUNNEN	584	...	584	584	...	584	584	584	584	584	...	584	584	584	...	584	Lauterbrunne
585 LEISSIGEN	585	...	585	585	...	585	585	585	585	585	...	585	585	585	...	585	Leissigen
586 LÜTSCHENTAL	586	...	586	586	...	586	586	586	586	586	...	586	586	586	...	586	Lütschental
587 MATTEN BEI INTERLAKEN	587	...	587	587	...	587	587	587	587	587	...	587	587	587	...	587	Matten bei In
588 NIEDERRIED BEI INTERLAKEN	588	...	588	588	...	588	588	588	588	588	...	588	588	588	...	588	Niederried be
589 OBERRIED AM BRIENZERSEE	589	...	589	589	...	589	589	589	589	589	...	589	589	589	...	589	Oberried am
590 RINGGENBERG (BE)	590	...	590	590	...	590	590	590	590	590	...	590	590	590	...	590	Ringgenberg
591 SAXETEN	591	...	591	591	...	591	591	591	591	591	...	591	591	591	...	591	Saxeten
592 SCHWANDEN BEI BRIENZ	592	...	592	592	...	592	592	592	592	592	...	592	592	592	...	592	Schwanden t
593 UNTERSEEN	593	...	593	593	...	593	593	593	593	593	...	593	593	593	...	593	Unterseen
594 WILDERSWIL	594	...	594	594	...	594	594	594	594	594	...	594	594	594	...	594	Wilderswil
601 AESCHLEN	601	...	601	601	...	601	601	601	601	601	...	601	601	601	...	601	Aeschlen
602 ARNI	602	...	602	602	...	602	602	602	602	602	...	602	602	602	...	602	Arni (BE)
603 BIGLEN	603	...	603	603	...	603	603	603	603	603	...	603	603	603	...	603	Biglen
621 OBERWICHTRACH	621	...	621	621	...	621	621	621	621	621	...	621	621	621	...	621	Oberwichtnac
622 OPPLIGEN	622	...	622	622	...	622	622	622	622	622	...	622	622	622	...	622	Oppligen
623 RUBIGEN	623	...	623	623	...	623	623	623	623	623	...	623	623	623	...	623	Rubigen
624 SCHLOSSWIL	624	...	624	624	...	624	624	624	624	624	...	624	624	624	...	624	Schlosswil
625 TAGERTSCHI	625	...	625	625	...	625	625	625	625	625	...	625	625	625	...	625	Tägertschi
626 WALKRINGEN	626	...	626	626	...	626	626	626	626	626	...	626	626	626	...	626	Walkringen
627 WORB	627	...	627	627	...	627	627	627	627	627	...	627	627	627	...	627	Worb
628 ZAZIWIL	628	...	628	628	...	628	628	628	628	628	...	628	628	628	...	628	Zaziwil
-	-	...	-	-	...	-	-	-	-	-	...	630	630	630	...	630	Allmendinger
-	-	...	-	-	...	-	-	-	-	-	...	631	631	631	...	631	Trimmstein
641 BLAUEN	641	641	641	641	...	641	641	641	641	641	...	641	2781	2781	...	2781	Blauen
642 BRISLACH	642	642	642	642	...	642	642	642	642	642	...	642	2782	2782	...	2782	Brislach
643 BURG IM LEIMENTAL	643	643	643	643	...	643	643	643	643	643	...	643	2783	2783	...	2783	Burg im Leim
644 DITTINGEN	644	644	644	644	...	644	644	644	644	644	...	644	2784	2784	...	2784	Dittingen
645 DUGGINGEN	645	645	645	645	...	645	645	645	645	645	...	645	2785	2785	...	2785	Duggingen
646 GRELLINGEN	646	646	646	646	...	646	646	646	646	646	...	646	2786	2786	...	2786	Grellingen
647 LAUFEN	647	647	647	647	...	647	647	647	647	647	...	647	2787	2787	...	2787	Laufen
648 LIESBERG	648	648	648	648	...	648	648	648	648	648	...	648	2788	2788	...	2788	Liesberg
649 NENZLINGEN	649	649	649	649	...	649	649	649	649	649	...	649	2789	2789	...	2789	Nenzlingen
650 RÖSCHENZ	650	650	650	650	...	650	650	650	650	650	...	650	2791	2791	...	2791	Röschenz
651 WAHLEN	651	651	651	651	...	651	651	651	651	651	...	651	2792	2792	...	2792	Wahlen
652 ZWINGEN	652	652	652	652	...	652	652	652	652	652	...	652	2793	2793	...	2793	Zwingen
653 ROGGENBURG	653	653	653	653	...	653	653	653	653	653	...	653	2790	2790	...	2790	Roggenburg

grün

GemeindeName wie auch Gemeindenummer haben gewechselt

rot

Gemeindenummer hat gewechselt

blau

GemeindeName hat gewechselt

pink

Neuentstandene Gemeinde

Die Tabelle gibt den Aufbau der Datenbank wieder. Sie ist eine zweidimensionale Matrix. Die Kopfzeile gibt das Jahr an (ab 1960 bis 2000). Die erste Spalte gibt die Gemeinden an (Gemeindebestand und Gemeindennamen 1960). In der letzten Spalte stehen wiederum die Gemeinden, nun allerdings nach ihren Namen im Jahr 2000. Die übrigen Zellen geben die Gemeindenummer jeder Gemeinde zu jedem Zeitpunkt an.

Hat eine bestimmte Gemeinde zu einem bestimmten Zeitpunkt eine Mutation erfahren, so ist die Gemeindenummer der Gemeinde im Mutationsjahr je nach Mutation in einer bestimmten Farbe hervorgehoben. Hat in jenem Jahr die Gemeindenummer geändert, erscheint in der betreffenden Zelle erstmals die neue Gemeindenummer.

Die Namen der Gemeinden in der letzten Spalte sind gemäss der Art ihrer Mutation eingefärbt. Fusionierte Gemeinden erscheinen nun mit neuem Namen.

A 4 Gemeindefusionen: Programmierung der SAS Prozedur

Anhand dieses Programmes kann mittels der Zuordnungstabelle und einer Inputtabelle mit Gemeindeattributen (z. B. die Bevölkerung auf Gemeindeebene für das Jahr 1960) auf jeden Gebietsstand zwischen 1960 und dem Jahr 2000 gebracht werden.

```
/* Import fr from: zuordnungstabelle
   Import fr2 from: bev1960

*/

data fr;
  set fr;
  retain extra 0;
  no = extra + 1;
  extra = no;
  drop extra;
run;

proc sort data = fr;
  by c1998;
run;

data fr;
  set fr;
  retain last;
  if c1998 = last then delete;
  last = c1998;
  drop last;
run;

proc sort data = fr2;
  by c1998;
run;

/* Merge code change and population file to fr3 */

data fr3;
  merge fr fr2;
  by c1998;
run;
```

```

proc sort data = fr3;
    by c2000;
run;

/* Just for informative purposes: When did the change happen? */

data dummy;
    set fr3;
    array c [41] c1960-c2000;
    array change [41] change60-change100;
    do i = 2 to 41;
        if c[i] ne c[i-1] then change[i] = 1; else change[i] = 0;
    end;
    drop i;
run;

/* Summarise 1960 population of all municipalities,
    in particular part-municipalities of merged ones on base of 2000
    here: 284 (old) to 242 (new) */

proc summary data = dummy;
    class c2000;
    var f1 f2 f3 f4 f5 f6 f7 f8 f9 f10 f11 f12 f13 f14 f15 f16 f17 ;
    output
    out=fr4
    sum=f160_00 f260_00 f360_00 f460_00 f560_00 f660_00 f760_00 f860_00
    f960_00 f1060_00 f1160_00 f1260_00 f1360_00 f1460_00 f1560_00 f1660_00
    f1760_00
    ;
run;

data fr4;
    set fr4;
    if c2000 = . then delete;
    new = 1;
    keep c2000 f160_00 f260_00 f360_00 f460_00 f560_00 f660_00 f760_00
    f860_00 f960_00 f1060_00 f1160_00 f1260_00 f1360_00 f1460_00 f1560_00
    f1660_00 f1760_00 new;
run;

/* Merge with the 1960 base data, not really needed */

data fr5;
    merge fr4 fr3;
    by c2000;
    keep c2000 f1 f160_00 f2 f260_00 f3 f360_00 f4 f460_00 f5 f560_00 f6
    f660_00 f7 f760_00 f8 f860_00 f9 f960_00 f10 f1060_00 f11 f1160_00 f12

```

```
f1260_00 f13 f1360_00 f14 f1460_00 f15 f1560_00 f16 f1660_00 f17 f1760_00  
new;  
run;
```

```
data fr5;  
  set fr5;  
  retain last_cod;  
  if last_cod = c2000 then delete;  
  last_cod = c2000;  
  drop last_cod;  
run;
```

A 5 MLwiN Outputs

Abbildung A5-1 Die Auswirkung der Zeit auf die Erreichbarkeit ÖV (absolute Werte)

$$\text{releoiing}_{ij} \sim N(XB, \Omega)$$

$$\text{releoiing}_{ij} = \beta_{0ij}\text{CONS} + \beta_{1j}\text{timing}_{ij}$$

$$\beta_{0ij} = 114.368(2.351) + u_{0j} + e_{0ij}$$

$$\beta_{1j} = -0.761(0.517) + u_{1j}$$

$$\begin{bmatrix} u_{0j} \\ u_{1j} \end{bmatrix} \sim N(0, \Omega_u) : \Omega_u = \begin{bmatrix} 125.845(39.360) \\ -22.457(8.011) & 4.990(1.851) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} e_{0ij} \end{bmatrix} \sim N(0, \Omega_e) : \Omega_e = \begin{bmatrix} 1037.179(12.222) \end{bmatrix}$$

$$-2*\loglikelihood(IGLS\ Deviance) = 141453.000(14450\ of\ 14450\ cases\ in\ use)$$

Abbildung A5-2 Die Auswirkungen der Zeit auf den Quotienten Erreichbarkeit/Bevölkerung (relative Werte, linear)

$$\text{eleibing}_{ij} \sim N(XB, \Omega)$$

$$\text{eleibing}_{ij} = \beta_{0ij}\text{CONS} + \beta_{1j}\text{timing}_{ij}$$

$$\beta_{0ij} = -0.064(0.017) + u_{0j} + e_{0ij}$$

$$\beta_{1j} = 0.031(0.004) + u_{1j}$$

$$\begin{bmatrix} u_{0j} \\ u_{1j} \end{bmatrix} \sim N(0, \Omega_u) : \Omega_u = \begin{bmatrix} 0.007(0.002) \\ -0.001(0.000) & 0.000(0.000) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} e_{0ij} \end{bmatrix} \sim N(0, \Omega_e) : \Omega_e = \begin{bmatrix} 0.029(0.000) \end{bmatrix}$$

$$-2*\loglikelihood(IGLS\ Deviance) = -10066.100(14448\ of\ 14450\ cases\ in\ use)$$

Abbildung A5-3 Die Auswirkungen der Zeit auf die Erreichbarkeit-/Bevölkerungsquotienten
(relative Werte, nichtlinear)

$$\text{eleibing}_{ij} \sim N(XB, \Omega)$$

$$\text{eleibing}_{ij} = \beta_{0ij} \text{CONS} + \beta_{1j} \text{timing}_{ij} + \beta_{2j} \text{timingsq}_{ij}$$

$$\beta_{0ij} = -0.083(0.016) + u_{0j} + e_{0ij}$$

$$\beta_{1j} = 0.069(0.010) + u_{1j}$$

$$\beta_{2j} = -0.009(0.002) + u_{2j}$$

$$\begin{bmatrix} u_{0j} \\ u_{1j} \\ u_{2j} \end{bmatrix} \sim N(0, \Omega_u) : \Omega_u = \begin{bmatrix} 0.006(0.002) & & \\ -0.001(0.001) & 0.002(0.001) & \\ 0.000(0.000) & 0.000(0.000) & 0.000(0.000) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} e_{0ij} \end{bmatrix} \sim N(0, \Omega_e) : \Omega_e = \begin{bmatrix} 0.028(0.000) \end{bmatrix}$$

$$-2 * \log\text{likelihood(IGLS Deviance)} = -10362.390(14448 \text{ of } 14450 \text{ cases in use})$$

Abbildung A5-4 Auswirkungen der Erreichbarkeit ÖV verschiedener Jahrzehnte auf die Bevölkerungsentwicklung (divergierende Steigungen und Konstanten)

$$\text{rdb5000}_{ij} \sim N(XB, \Omega)$$

$$\text{rdb5000}_{ij} = \beta_{0ij} \text{cons} + \beta_{1j} \text{rdobev56}_{ij} + \beta_{2j} \text{rdobev78}_{ij} + \beta_{3j} \text{rdobev90}_{ij}$$

$$\beta_{0ij} = -354.014(58.966) + u_{0j} + e_{0ij}$$

$$\beta_{1j} = 1.493(0.270) + u_{1j}$$

$$\beta_{2j} = 2.213(0.350) + u_{2j}$$

$$\beta_{3j} = 1.128(0.197) + u_{3j}$$

$$\begin{bmatrix} u_{0j} \\ u_{1j} \\ u_{2j} \\ u_{3j} \end{bmatrix} \sim N(0, \Omega_u) : \Omega_u = \begin{bmatrix} 54564.000(20318.030) & & & \\ -200.427(84.186) & 1.094(0.430) & & \\ -275.802(110.630) & 0.636(0.418) & 1.944(0.731) & \\ -44.835(51.081) & 0.218(0.229) & -0.050(0.291) & 0.479(0.223) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} e_{0ij} \end{bmatrix} \sim N(0, \Omega_e) : \Omega_e = \begin{bmatrix} 7226.754(192.508) \end{bmatrix}$$

$$-2 * \log\text{likelihood(IGLS Deviance)} = 33969.740(2884 \text{ of } 2890 \text{ cases in use})$$

Abbildung A5-5 Auswirkungen der Erreichbarkeit IV verschiedener Jahrzehnte auf die Bevölkerungsentwicklung (divergierende Steigungen und Konstanten)

$$\text{rdb5000}_{ij} \sim N(XB, \Omega)$$

$$\text{rdb5000}_{ij} = \beta_{0ij} \text{cons}_{ij} + \beta_{1j} \text{rdibev56}_{ij} + \beta_{2j} \text{rdibev78}_{ij} + \beta_{3j} \text{rdibev90}_{ij}$$

$$\beta_{0ij} = -440.507(37.799) + u_{0ij} + e_{0ij}$$

$$\beta_{1j} = 2.787(0.377) + u_{1j}$$

$$\beta_{2j} = 1.430(0.238) + u_{2j}$$

$$\beta_{3j} = 0.938(0.302) + u_{3j}$$

$$\begin{bmatrix} u_{0j} \\ u_{1j} \\ u_{2j} \\ u_{3j} \end{bmatrix} \sim N(0, \Omega_u) : \Omega_u = \begin{bmatrix} 0.000(0.000) & & & \\ 0.000(0.000) & 1.721(0.115) & & \\ 0.000(0.000) & -0.935(0.151) & 0.574(0.155) & \\ 0.000(0.000) & -0.775(0.105) & 0.333(0.109) & 0.547(0.133) \end{bmatrix}$$

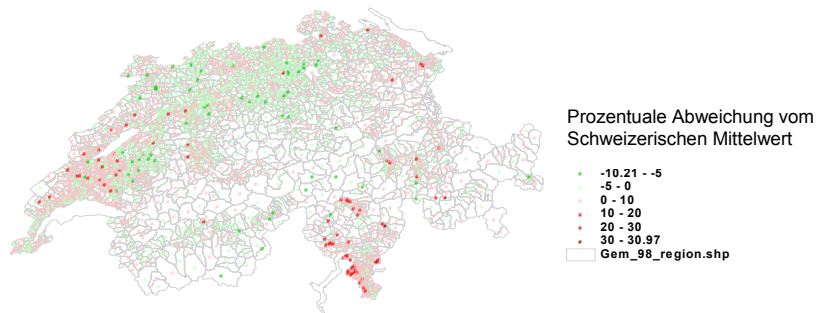
$$\begin{bmatrix} e_{0ij} \end{bmatrix} \sim N(0, \Omega_e) : \Omega_e = \begin{bmatrix} 10738.100(193.476) \end{bmatrix}$$

$$-2 * \log\text{likelihood(IGLS Deviance)} = 35096.580(2885 \text{ of } 2890 \text{ cases in use})$$

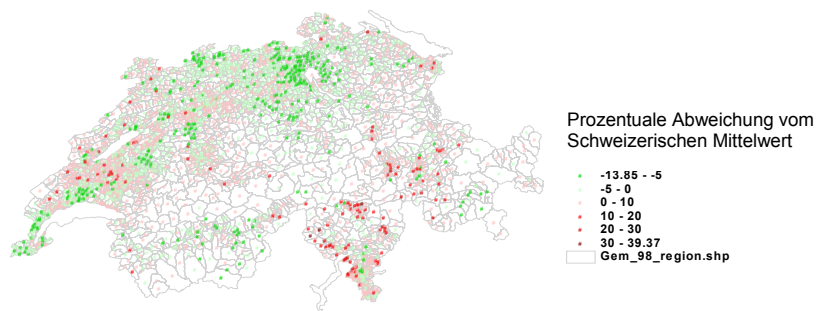
A 6 Altersverteilung über Raum und Zeit

Abbildung A6-1 Anteil der über 65 Jährigen relativ zum Schweizerischen Mittel

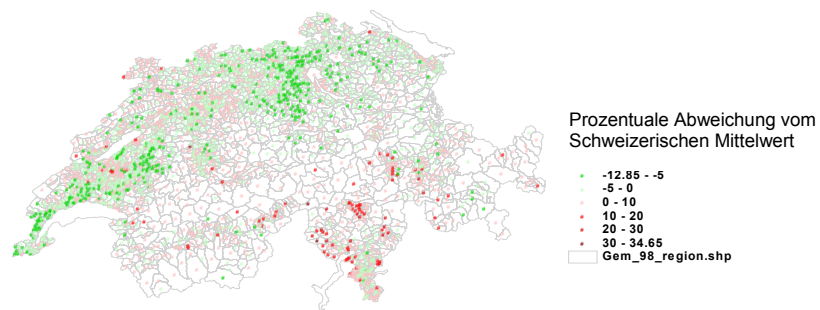
+65 jährige 1960



+65 jährige 1980



+65 jährige 2000



A 7 Bevölkerungsentwicklung in einem Raum-Zeit Diagramm

Abbildung A7 1 Bevölkerungsentwicklung im Mittellandkorridor (auf Bezirke aggregiert)

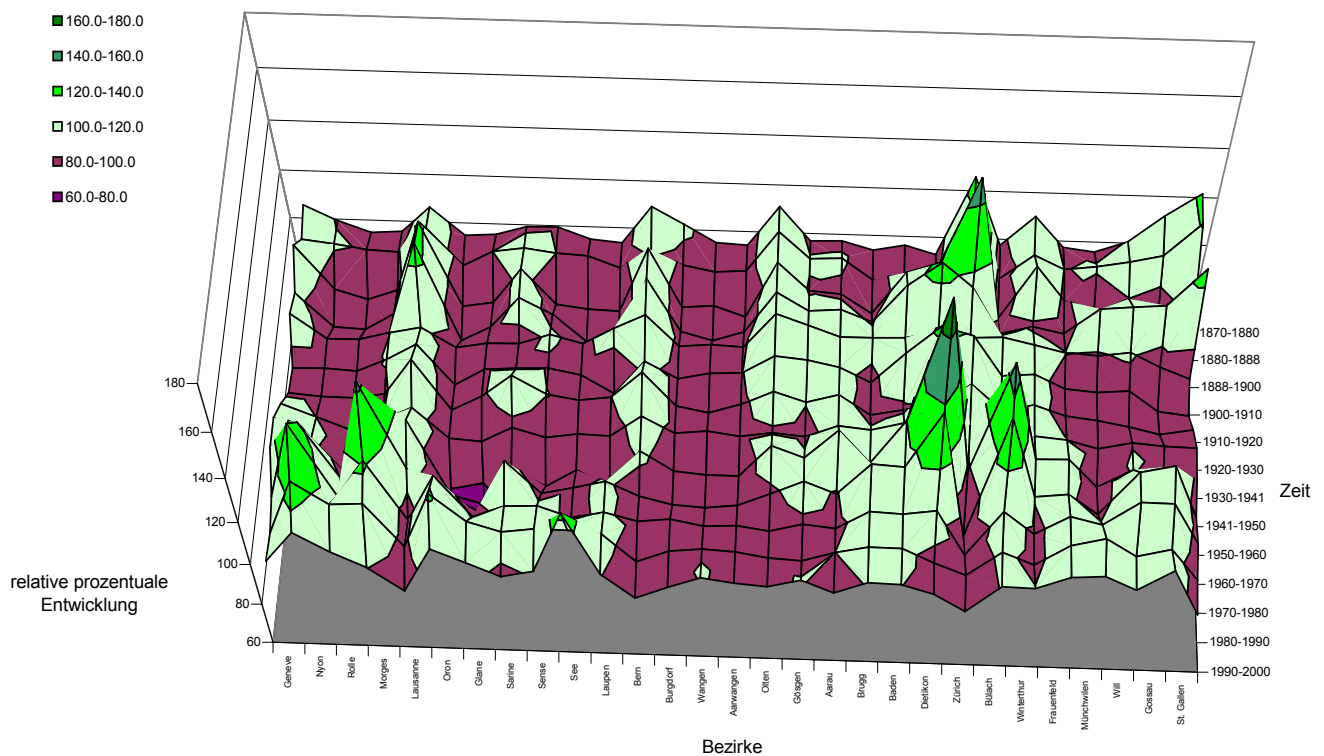
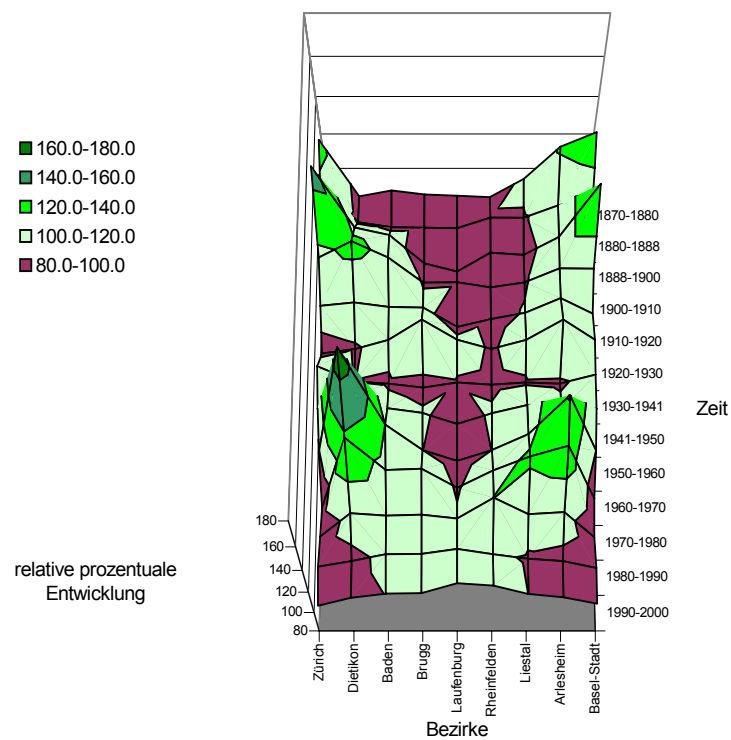


Abbildung A7 2 Bevölkerungsentwicklung innerhalb der Achse Zürich und Basel (auf Bezirke aggregiert)



A 8 Lebenslauf

Persönlich

Name: TSCHOPP, Martin Hans

Geburtsdatum: 15.01.1973

Geburtsort: Zürich

Nationalität: Schweiz (Heimatort und Kanton: Basel, BS)

Zivilstand: ledig

Ausbildung

Seit 2003	Doktorand am Geographischen Institut der Universität Zürich
	Diss. Thema: Verkehrsinfrastruktur und räumliche Entwicklung in der Schweiz 1950-2000
11/1994-01/2002	Studium an der Universität Zürich
	Hauptfach: Geographie
	Nebenfächer: Volkswirtschaft (grosses Nebenfach)
	Agrarökonomie (mittleres Nebenfach)
	Geologie, Mathematik (kleine Nebenfächer)
	Diplomarbeit: Die Eröffnung der A3 – Auswirkungen auf Wirtschaft, Gesellschaft und Lebensraum im oberen Fricktal
06/1994	Matura (Typus E) Alte Kantonsschule Aarau

Berufserfahrung

02/2002-03/2007	Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Gruppe Verkehrs- und Raumplanung
04/2007-	Wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Sektion Verkehrs- und Infrastrukturplanung, sowie Sektion Grundlagen

Veröffentlichte Publikationen

Tschopp, M. und K.W. Axhausen (2008) Transport infrastructure and regional development in Switzerland: Accessibility, spatial policy and urban sprawl during the last 50 years, *Journal of Transport History*, **29** (1), (in Druck).

- Fröhlich, Ph., M. Tschopp und K.W. Axhausen (2006) Entwicklung der Erreichbarkeit der Schweizer Gemeinden: 1950-2000, *Raumforschung und Raumordnung*, **64** (6), 385-399.
- Tschopp, M., Ph. Fröhlich und K.W. Axhausen (2006) Accessibility and spatial development in Switzerland during the last 50 years: A multilevel regression approach, in D.M. Levinson und K.J. Krizek (Hrsg.) *Access to Destinations*, 361-376, Elsevier, Oxford.
- Reubi S., H. U. Schiedt und M. Tschopp (2004) Critical literature survey: Transport history in Switzerland, in Merger, M. und M. N. Polino (Hrsg.) *Cost 340 - Towards a European Intermodal Transport Network: Lessons from History - A Critical Bibliography*, 193-220, Association pour l'histoire des chemins de fer en France, Paris.
- Axhausen, K.W., Ph. Fröhlich, M. Tschopp und P. Keller (2003) Erreichbarkeitsveränderungen in der Schweiz und ihre Wechselwirkungen mit der Bevölkerungsveränderung 1950-2000, in W. Gernerth, P. Messerli, P. Meusbürger und H. Wanner (Hrsg.) *Alpenwelt - Gebirgswelten, Inseln, Brücken, Grenzen*, 309-317, Deutschen Gesellschaft für Geographie, Bonn und Bern.
- Tschopp, M., R. Sieber, P. Keller und K.W. Axhausen (2003) Demografie und Raum in der Schweiz: Ein historischer Abriss, *DISP*, **153** 25-32.
- Axhausen, K.W., Ph. Fröhlich and M. Tschopp (2003) Zur Entwicklungsdynamik der Verkehrsnachfrage im Personenverkehr: Hintergründe und Erwartungen, *VDI Berichte*, **1799**, 3-20, VDI Verlag, Düsseldorf.